أصول الزراعة العضوية

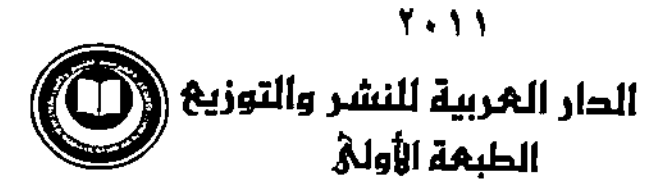
مـا لـها ومـا عليـها

سلسلة : تقدمات فى تكنولوجيا إنتاج الخضر

أصول الزراعة العضوية
ما لها وما عليها

تأليف
أ. د. أحمد عبدالمنعم حسن
أستاذ الخضر
كلية الزراعة — جامعة القاهرة

٢٠١١



الدار العربية للنشر والتوزيع
الطبعة الأولى

حقوق النشر

أصول الزراعة العضوية

ما لها وما عليها

رقم الإيداع : ٢٣٢٧٤ / ٢٠١٠

I. S. B. N. : 977-258-389-5

للدار العربية للنشر والتوزيع

٣٢ شارع عباس العقاد – مدينة نصر – القاهرة

ت: ٢٢٧٥٣٣٣٥ فاكس: ٢٢٧٥٣٣٨٨

E-mail: aldar_alarabia1@yahoo.com

مقدمة الناشر

يتزايد الاهتمام باللغة العربية في بلادنا يومًا بعد يوم. ولاشك أنه في الغد القريب ستستعيد اللغة العربية هيبتها التي طالما امتهنت وأذلت من أبنائها وغير أبنائها. ولا ريب في أن امتهان لغة أية أمة من الأمم هو إذلال ثقافي فكرى للأمة نفسها، الأمر الذى يتطلب تضافر جهود أبناء الأمة رجالاً ونساءً، طلابًا وطالبات، علماء ومثقفين، مفكرين وسياسيين في سبيل جعل لغة العروبة تحتل مكانتها اللائقة التى اعترف المجتمع الدولى بها لغة عمل فى منظمة الأمم المتحدة ومؤسساتها فى أنحاء العالم، لأنها لغة أمة ذات حضارة عريقة استوعبت – فيما مضى – علوم الأمم الأخرى، وصهرتها فى بوتقتها اللغوية والفكرية، فكانت لغة العلوم والأدب، ولغة الفكر والكتابة والمخاطبة.

إن الفضل فى التقدم العلمى الذى تنعم به أوروبا اليوم يرجع فى واقعه إلى الصحوة العلمية فى الترجمة التى عاشتها فى القرون الوسطى. فقد كان المرجع الوحيد للعلوم الطبية والعلمية والاجتماعية هو الكتب المترجمة عن اللغة العربية لابن سينا وابن الهيثم والفارابى وابن خلدون وغيرهم من عمالقة العرب، ولم ينكر الأوروبيون ذلك، بل يسجل تاريخهم ما ترجموه عن حضارة الفراعنة والعرب والإغريق، وهذا يشهد بأن اللغة العربية كانت مطواعة للعلم والتدريس والتأليف، وأنها قادرة على التعبير عن متطلبات الحياة وما يستجد من علوم، وأن غيرها ليس بأدق منها، ولا أقدر على التعبير.

ولكن ما أصاب الأمة من مصائب وجمود بدأ مع عصر الاستعمار البريطاني والفرنسي، عاق اللغة عن النمو والتطور، وأبعدها عن العلم والحضارة، ولكن عندما أحس العرب بأن حياتهم لابد من أن تتغير، وأن جمودهم لابد أن تدب فيه الحياة، اندفع الرواد من اللغويين والأدباء، والعلماء في إنماء اللغة وتطويرها، حتى أن مدرسة القصر العينى فى القاهرة، والجامعة الأمريكية فى بيروت درستا الطب بالعربية أول إنشائها. ولو تصفحنا الكتب التى ألفت أو تُرجمت يوم كان الطب يدرس فيهما باللغة العربية لوجدناها كتبًا ممتازة لا تقل جودة عن مثيلاتها من كتب الغرب فى ذلك الحين، سواء فى الطبع، أو حسن التعبير، أو براعة الإيضاح، ولكن هذين المعهدين تنكرا للغة العربية فيما بعد، وسادت لغة المستعمر، وفرضت على أبناء الأمة فرضًا، إذ رأى المستعمر فى خنق اللغة العربية مجالاً لعرقلة الأمة العربية.

وبالرغم من المقاومة العنيفة التى قابلها، إلا أنه كان بين المواطنين صنائع سبقوا الأجنبى فيما يتطلع إليه، فتفننوا فى أساليب التملق له اكتسابًا لرضاته، ورجال تأثروا بحملات المستعمر الظالمة، يشككون فى قدرة اللغة على استيعاب الحضارة الجديدة، وغاب عنهم ما قاله الحاكم الفرنسي لجيشه الزاحف إلى الجزائر: "علموا لغتنا وانشروها حتى نحكم الجزائر، فإذا حكمت لغتنا الجزائر، فقد حكمناها حقيقة".

فهل لى أن أوجه نداءً إلى جميع حكومات الدول العربية بأن تبادر - فى أسرع وقت ممكن - إلى اتخاذ التدابير، والوسائل الكفيلة باستعمال اللغة العربية لغة تدريس فى جميع مراحل التعليم العام، والمهنى، والجامعى، مع العناية الكافية باللغات الأجنبية فى مختلف مراحل التعليم لتكون وسيلة الإطلاع على تطور العلم والثقافة والانفتاح على العالم. وكلنا ثقة من إيمان العلماء، والأساتذة بالتعريب، نظرًا لأن استعمال اللغة القومية فى التدريس ييسر على الطالب سرعة الفهم دون عائق لغوى، وبذلك تزداد حصيلته الدراسية، ويرتفع بمستواه العلمى، وذلك يعتبر تأصيلاً للفكر العلمى فى البلاد، وتمكينًا للغة القومية من الازدهار والقيام بدورها فى التعبير عن حاجات المجتمع، وألفاظ ومصطلحات الحضارة والعلوم.

ولا يغيب عن حكومتنا العربية أن حركة التعريب تسير متابطئة، أو تكاد تتوقف، بل تحارب أحيانًا ممن يشغلون بعض الوظائف القيادية فى سلك التعليم والجامعات، ممن ترك الإستعمار فى نفوسهم عقدًا وأمراضًا، رغم أنهم يعلمون أن جامعات إسرائيل قد ترجمت العلوم إلى اللغة العبرية، وعدد من يتخاطب بها فى العالم لا يزيد عن خمسة عشر مليون يهوديًا، كما أنه من خلال زياراتى لبعض الدول واطلاعى وجدت كل أمة من الأمم تدرس بلغتها القومية مختلف فروع العلوم والآدب والتقنية، كاليابان، وإسبانيا، وألمانيا، ودول أمريكا اللاتينية، ولم تشك أمة من هذه الأمم فى قدرة لغتها على تغطية العلوم الحديثة، فهل أمة العرب أقل شأنًا من غيرها ؟!.

وأخيرًا .. وتمشيًا مع أهداف الدار العربية للنشر والتوزيع، وتحقيقًا لأغراضها فى تدعيم الإنتاج العلمى، وتشجيع العلماء والباحثين فى إعادة مناهج التفكير العلمى وطرائقه إلى رحاب لغتنا الشريفة، تقوم الدار بنشر هذا الكتاب المتميز الذى يعتبر واحدًا من ضمن ما نشرته - وستقوم بنشره - الدار من الكتب العربية التى قام بتأليفها أو ترجمتها نخبة ممتازة من أساتذة الجامعات المصرية والعربية المختلفة.

وبهذا .. ننفذ عهدًا قطعناه على المضى قدما فيما أردناه من خدمة لغة الوحى، وفيما أرداه الله تعالى لنا من جهاد فيها.

وقد صدق الله العظيم حينما قال فى كتابه الكريم: ﴿ وَقُلِ اعْمَلُوا فَسَيَرَى اللَّهُ عَمَلَكُمْ وَرَسُولُهُ وَالْمُؤْمِنُونَ وَسَتُرَدُّونَ إِلَى عَالِمِ الْغَيْبِ وَالشَّهَادَةِ فَيُنَبِّئُكُم بِمَا كُنتُمْ تَعْمَلُونَ﴾. سورة التوبة الآية ١٠٥.

محمد أحمد دربالة

الدار العربية للنشر والتوزيع

المقدمة

كثر الاهتمام بالزراعة العضوية خلال العقود الثلاثة الأخيرة، وخاصة بعد ظهور المنتجات العضوية فى الأسواق المحلية، وما صاحب ذلك من دعاية لتلك المنتجات، مما أدى إلى إقبال القادرين عليها. ولقد كانت الزراعة العضوية فى بداياتها حكرًا على عدد محدود من الشركات، ولكن — وفى ظل التوسع فى تصدير المنتجات العضوية — دخل ساحة الإنتاج عديد من صغار المزارعين، الذين يتعاقدون — غالبًا — مع شركات التصدير. ولذا .. وجدنا من المناسب الكتابة فى هذا المجال الحيوى لتوعية الدراسين والباحثين والمنتجين والمصدرين بأصول الزراعة العضوية.

إن الزراعة العضوية تحظى من قبل المؤسسات المسئولة عنها بدعاية كبيرة، وتقدم على أنها البديل الذى لا غنى عنه للمحافظة على البيئة، كما تُقدم المنتجات العضوية على أنها الغذاء الأكثر أمانًا والأفضل نوعية بعد أن بلغ التلوث الكيميائى والميكروبى فى الأغذية الأخرى حدودًا غير مقبولة. ولمّا كانت تلك الدعاية قاصرة على الجوانب الإيجابية للزراعة العضوية — وهو أمر مفهوم — لذا كان من الضرورى مناقشة تلك الدعاية بأسلوب علمى؛ حتى تتضح الجوانب الإيجابية للزراعة العضوية جلية فى مقابل جوانبها السلبية؛ الأمر الذى أشرت إليه فى عنوان الكتاب بـ "ما لها وما عليها".

يحتوى الكتاب على خمسة عشر فصلاً يتناول معظمها أصول الزراعة العضوية، وكيفية مزاولتها على أساس علمى، وقد أعطيت اهتمامًا خاصًا لعمليات التسميد وتنشيط النمو النباتى ومكافحة الأمراض والآفات والحشائش بالمواد والوسائل المسموح بها فى الإنتاج العضوى. كما أفردت فى نهاية الكتاب فصلاً عن مقارنة المنتج العضوى بغير العضوى، وفصلاً آخر عن الانتقادات التى توجه للزراعة العضوية، والتى تُسهم فى اكتمال الصورة العلمية لحقيقة الزراعة العضوية والمنتجات العضوية.

والله أسأل أن يكون قد حالفنى التوفيق فى تقديم إضافة جديدة للمكتبة العربية وللمعنيين بهذا المجال الهام.

أ. د. أحمد عبد المنعم حسن

محتويات الكتاب

الموضوع | الصفحة

الفصل الأول : تعريف بالزراعة العضوية

الفصل الثانى : تجهيز الكمبوست

الموضوع	الصفحة

الفصل الثالث: التسميد

الموضوع	الصفحة

الفصل الخامس : مكافحة الحشائش

الفصل السادس : توجيه الممارسات الزراعية لخدمة الإنتاج العضوى

الموضوع	الصفحة

الفصل التاسع: المكافحة الحيوية للأمراض

الموضوع | الصفحة

الفصل الثالث عشر : تداول المنتجات العضوية بعد الحصاد

الصفحة | الموضوع

الفصل الرابع عشر: مقارنة المنتج العضوى بالتقليدى

الفصل الخامس عشر: الانتقادات الموجهة للزراعة العضوية

الفصل الأول

تعريف بالزراعة العضوية

نبذة تاريخية

تقدم الفيلسوف النمساوى دكتور ردولف استينر Rudolf Steiner فى عام ١٩٢٤ برؤية بديلة للزراعة، وأعقب ذلك بتبنى مجموعة من المزارعين والعلماء لتلك الرؤية وتطويرها إلى أن قاموا – فى عام ١٩٢٧ – بإدخال الماركة التجارية Demeter للغذاء المنتج بالنظم الزراعية العضوية، والتى أطلقوا عليها اسم bio-dynamic farming systems، وكوّن ذلك الأساس الذى بنيت عليه الزراعة العضوية التى تمارس حاليًا فى عديد من الدول حول العالم.

ولقد ركزت الحركة المبكرة للزراعة العضوية – بقوة – على أمور الحمية الغذائية، والصحة، وكذلك تعزيز خصوبة التربة من خلال استعمال الكومبوست وغيره من الأسمدة العضوية. ولم تصبح مشكلة المبيدات أمرًا أساسيًا فى الزراعة العضوية إلا بعدما أحدث نشر كتاب "الربيع الصامت" Silent Spring اهتمامًا واسعًا لدى العامة. وخلال عقد الستينيات من القرن الماضى، ولدت الحركة الطلابية فى عام ١٩٦٨ تغيرات اجتماعية أدت إلى زيادة الاهتمام بالأمور الاجتماعية والحضارية فى الزراعة العضوية. وقد جذبت أزمة الطاقة فى عام ١٩٧٣ الانتباه إلى أهمية استدامة استعمال الطاقة. وفى خلال عقدى الثمانينيات والتسعينيات ازدادت أمور أخرى فى الأهمية، وبخاصة الطبيعة والمحافظة على التنوع البيولوجى، وحماية الحيوانات، والعدالة الاجتماعية فيما يتعلق بالتجارة مع الدول النامية، والتطوير الريفى.

وقد تطلب الأمر بعض الوقت كى تندمج الأفكار معًا فى مبدأ متماسك يطبق حاليًا فى جميع إنحاء العالم تحت مسميات كثيرة، منها – إلى الجانب الزراعة العضوية organic – الزراعة البيولوجية biological، والبيئية ecological، والبيولوجية الديناميكية bio-

dynamic والعضوية البيولوجية organic-biological، والطبيعية natural، والمستدامة sustainable. وعلى الرغم من كل الجهود التى بُذلت فى وضع أسس الزراعة العضوية حتى الآن، فإن تطور هذا الأمر لم يكتمل بعد، فتطوير الأسس تغير فى الماضى وسوف يتغير بكل تأكيد فى المستقبل مع ازدياد الارتباط بين الأدوار المتشابكة لكل من التربة والمحاصيل الزراعية والحيوانات المزرعية والنظام البيئى الطبيعى وبين صحة الإنسان، وكذلك مع ظهور تقنيات جديدة يمكن أن تُستخدم فى الزراعة (Stockdale وآخرون ٢٠٠١).

الأسس التى تبنى عليها الزراعة العضوية

إن الزراعة العضوية هو نظام إدارة إنتاج متكامل (systems approach) يُحفز ويحسّن من جودة النظام البيئى الزراعى، بما فى ذلك التباين البيولوجى، والدورات البيولوجية، والنشاط البيولوجى فى التربة. وتؤكد الزراعة العضوية على اتباع ممارسات إدارية تفضل استعمال المدخلات المزرعية ذاتها، مع الأخذ فى الاعتبار أن الظروف الإقليمية تتطلب تطبيق النظم المتأقلمة محليًا. ويتحقق ذلك باستعمال طرق زراعية وبيولوجية وميكانيكية — كلما كان ذلك ممكنًا — فى مقابل التوقف عن استعمال المواد المخلقة.

وعلى الرغم من أن مختلف جوانب الإنتاج المحصولى تبقى واحدة فى كل من الإنتاج العضوى والإنتاج التقليدى، فإن الطريقتين تختلفان فى أمور معينة تتعلق بكل من: إنتاج الشتلات، وإدارة خصوبة التربة، وإدارة مكافحة الأمراض والحشرات والحشائش.

هذا .. ويأخذ النظام العضوى فى الإنتاج وقتًا حتى يتطور، وقد يمكن أن يتحقق على مراحل، مثل البدء بالإضافات العضوية للتربة، والإجراءات الأخرى لتحسين التربة، ثم محاولة المكافحة الحيوية للآفات، وزراعة محاصيل مرافقة ... إلخ. وفى نهاية الأمر يمكن أن يتغير النظام كله، فالأمر يستغرق سنوات للتحول إلى نظام فعّال.

إن نظم الإنتاج العضوى تصمم لأجل إنتاج كميات مثلى من الغذاء الجيد فى قيمته الغذائية باستعمال ممارسات إدارة زراعية تهدف إلى تجنب استعمال الكيماويات الزراعية، والتى تحد من الأضرار للبيئة والحياة.

ومن أهم الأسس التى تبنى عليها الإدارة الزراعية لتحقيق تلك الأهداف ما يلى:

١- العمل مع النظم الطبيعية، وليس البحث عن وسائل للسيطرة عليها.

٢- تشجيع الدورات البيولوجية التى تتضمن الكائنات الدقيقة، وكائنات التربة النباتية والحيوانية، والنباتات.

٣- إدامة وتطوير الخصائص الطبيعية الجمالية المتواجدة للأراضى، والبيئات المناسبة المحافظة على الحياة البرية، وخاصة ما يتعلق منها بالأنواع المهددة بالانقراض.

٤- الاهتمام الخاص باعتبارات بقاء وتهيئة فرص بقاء الحيوانات.

٥- تجنب تلوث البيئة.

٦- أخذ التأثيرات المجتمعية والبيئية الأوسع فى الاعتبار.

وعند تطبيق تلك المبادئ فإن أساليب الإنتاج تتميز بما يلى:

١- تطبيق الدورات الزراعية.

٢- الاستعمال الواسع للمخلفات الحيوانية والنباتية.

٣- الحراثة والعزيق المناسبين، واتباع تطبيقات مناسبة لمكافحة الحشائش والآفات.

٤- استعمال مدخلات مناسبة فى الإنتاج الزراعى.

٥- ملاحظة مبادئ الحفاظ على البيئة (UKROFS ٢٠٠٣).

هذا علمًا بأن الكائنات المحولة وراثيًا (المهندسة وراثيًا) ليس لها مكان فى الزراعة العضوية.

وتأخذ الزراعة العضوية فى الحسبان، ما يلى:

١- تحضير وتعزيز التباين البيولوجى فى النظام بأكمله.

٢- زيادة النشاط البيولوجي في التربة.

٣- المحافظة على خصوبة التربة على المدى الطويل.

٤- تدوير المخلفات ذات الأصل النباتي والحيواني؛ بهدف إعادة العناصر المغذية إلى التربة؛ وبالتالي الحد من استعمال موارد غير متجددة.

٥- الاعتماد على الموارد المتجددة في النظم الزراعية المحلية.

٦- تعزيز الاستخدام الصحي السليم للتربة والمياه والهواء، مع الحد من كل صور التلوث التي قد تنتج من الممارسات الزراعية.

٧- التأكيد في عمليات تداول المنتجات الزراعية العضوية على طرق التصنيع التي تحافظ على سلامة المنتج، وخصائصه الحيوية في كل مراحل التداول والتصنيع.

٨- إرساء الزراعة العضوية في أي مزرعة قائمة خلال فترة تحول يتحدد طولها المناسب بعوامل خاصة بالموقع، مثل تاريخ الأرض، وأنواع المحاصيل التي يزمع إنتاجها (CAC ٢٠٠١).

إن الخصائص المفتاحية للزراعة العضوية تتضمن ما يلي:

١- حماية خصوبة التربة على المدى الطويل بالمحافظة على مستويات المادة العضوية فيها، وتعزيز وتشجيع نشاط التربة البيولوجي، والتدخل الآلي بحرص.

٢- الاكتفاء الذاتي من النيتروجين من خلال زراعة البقوليات، والتثبت البيولوجي لآزوت الهواء الجوي وإعادة تدوير المواد العضوية بكفاءة متضمنة المخلفات النباتية والحيوانية.

٣- مكافحة الحشائش والأمراض والآفات بالاعتماد أساسًا على الدورات الزراعية، والمفترسات الطبيعية، والتباين البيولوجي، والتسميد العضوي، وزراعة الأصناف المقاومة، مع التدخل الحراري والبيولوجي والكيميائي في أضيق الحدود.

٤- تكملة احتياجات النباتات من العناصر - عند الضرورة - باستعمال مصادر مغذية تتوفر فيها العناصر للنباتات بصورة غير مباشرة من خلال نشاط كائنات التربة الدقيقة والتفاعلات الكيميائية في التربة.

٥- إدارة الحيوانات المزرعية بعناية تامة تأخذ فى الاعتبار بصورة كاملة احتياجاتها التى تأقلمت عليها، واحتياجات سلوكياتها، واحتياجاتها الصحية من غذاء ومقام وصحة وتربية وتناسل.

٦- الاهتمام بتأثير النظام المزرعى على البيئة والحفاظ على الحياة البرية والمواطن الطبيعية للنباتات والحيوانات (Stockdale وآخرون ٢٠٠١).

إن الإنتاج العضوى يعتمد على وجود تربة خصبة نشطة بيولوجيًا. تتميز التربة الخصبة بغناها فى المادة العضوية، وبأن رقم حموضها (الـ pH) مناسب، وباحتوائها على العناصر الغذائية بصورة متوازنة للنمو الجيد. ويُحافظ على محتوى التربة من المادة العضوية ونشاط التربة البيولوجي بالإضافات المنتظمة من المادة العضوية للتربة. ومن أمثلة المواد العضوية الكمبوست، والسبلة، والأسمدة الخضراء. ويحافظ على الـ pH المناسب إما بإضافات الجبس الزراعى فى الأراضى القلوية، وإما بإضافات الجير الزراعى فى الأراضى الحامضية. ويحافظ على إمدادات العناصر المغذية بتوازن مناسب للنمو بإضافات من المواد الطبيعية الغنية فى العناصر التى تكمّل العناصر التى توفرها معادن التربة والمادة العضوية.

ويُحصل على بعض الأسمدة العضوية كمنتجات مصنعة (مثل مستحلبات الأسماك)، بينما يُنتج بعضها الآخر فى المزرعة مثل الأسمدة الخضراء والكمبوست.

وتلعب الحيوانات المزرعية دورًا رئيسيًا فى الزراعة العضوية، ومن الأهمية بمكان تحقيق توازن متناغم بين كل من الإنتاج النباتى والإنتاج الحيوانى فى المزرعة، علمًا بأن الإنتاج الحيوانى يعمل على تقليل المخاطر المالية بتوسيع دائرة الاستثمار وتنويعه، فضلاً عن أنه يكون مصدرًا منتظمًا للدخل.

وتوجه عناية خاصة لطريقة استخدام الأسمدة الحيوانية الصلبة، وتلك التى تكون على صورة ملاط رقيق القوام slurry؛ فهى لا يجب أن تُضاف لأقرب من ١٠ أمتار من مجارى المياه، أو لأقرب من ٥٠ مترًا من الآبار، كما لا يجب نشرها على أرض مشبعة بالرطوبة، حتى لا تزداد فرصة فقدانها بالجريان السطحى.

ومن أهم الأهداف التى تتحقق جراء الالتزام بأساليب الزراعة العضوية، ما يلى:

١- إنتاج غذاء عالى الجودة بكميات كافية.

٢- التفاعل مع النظم والدورات الطبيعية بطريقة بناءه ومعززة للحياة.

٣- تأخذ فى الحسبان التأثيرات المجتمعية والبيئية الأوسع لنظم الإنتاج والتصنيع العضوى.

٤- تشجيع وتعزيز الدورات البيولوجية فى النظم الزراعية، متضمنة الكائنات الدقيقة، ومحتوى التربة النباتى والحيوانى، والنباتات، والحيوانات.

٥- تطوير نظام بيئى مائى قيِّم ومتواصل.

٦- المحافظة على خصوبة التربة على المدى الطويل وزيادتها.

٧- المحافظة على التباين الوراثى فى نظم الإنتاج والبيئة المحيطة به، متضمنًا حماية البيئة البرية.

٨- تشجيع الاستعمال الصحى للمياه ومصادرها، ومظاهر الحياة فيها.

٩- تُستخدم قدر المستطاع موارد متجددة فى نظم الإنتاج.

١٠- تقليل استخدام المياه.

١١- استحداث توازن متآلف بين الإنتاج النباتى والإنتاج الحيوانى.

١٢- توفير الظروف المناسبة لكافة الحيوانات المزرعية التى تأخذ فى الاعتبار الجوانب الأساسية لسلوكها الطبيعى.

١٣- الحد من كافة أنواع التلوث.

١٤- استعمال موارد متجددة فى تداول وتصنيع المنتجات العضوية.

١٥- الحد من استخدام الطاقة فى الزراعة.

١٦- الحد من إنتاج ثانى أكسيد الكربون جراء الحد من استهلاك الطاقة.

١٧- إنتاج منتجات عضوية قابلة للتحلل البيولوجى الكامل.

١٨- زيادة استهلاك ثانى أكسيد الكربون.

١٩- إنتاج منسوجات تبقى طويلاً وبنوعية جيدة.

٢٠- توفير نوعية من الحياة لكل من يعمل فى الإنتاج العضوى وتصنيعه تتوفر فيها الاحتياجات الأساسية، والراحة النفسية، متضمنة بيئة العمل الآمنة.

٢١- التقدم نحو سلسلة إنتاج وتصنيع وتوزيع متكاملة وعادلة اجتماعيًا ومسئولة بيئيًا (Stockdale وآخرون ٢٠٠١، و Gomiero وآخرون ٢٠٠٨).

هذا .. إلاّ أن نقص الإنتاجية يعد فى نظر Gomiero وآخرين (٢٠٠٨) من السلبيات التى يمكن أن تؤثر على النظام الاقتصادى والاجتماعى، والتى يتعين إيجاد سياسات زراعية مناسبة لها.

اقتصاديات الزراعة العضوية

قُدرت المساحة التى شغلتها الزراعة العضوية فى بدايات القرن الحالى (عام ٢٠٠٣) بنحو ٣١ مليون هكتار (٧٤ مليون فدان) فى ١٢٠ دولة حول العالم، شكلت حوالى ١٪ من إجمالى المساحة المزروعة حينئذٍ، وكانت أكبر مساحة فى أستراليا (١٠ مليون هكتار)، فالأرجنتين (٣ مليون هكتار)، فإيطاليا (١,٢ مليون هكتار). وقد كان فى الولايات المتحدة حوالى ١٠٥٠٠ مزرعة عضوية على مساحة حوالى مليون هكتار، أى حوالى ٠,٣٪ من المساحة الإجمالية المزروعة عضويًا.

ويُعد الاتحاد الأوروبى هو السوق الرئيسية للزراعة العضوية حيث كان نصيبه فى عام ٢٠٠٣ حوالى ٩٥٪ من السوق العالمية، على الرغم من أن سوق الغذاء — بصورة عامة — كان أكبر — قليلاً — فى الولايات المتحدة منه فى الاتحاد الأوروبى. وقد كان نصيب سوق الخضر والفاكهة العضوية فى الولايات المتحدة — فى عام ٢٠٠٣ — حوالى ٤,٥٨٪ من إجمالى السوق المحلى لتلك المنتجات (Treadwell ٢٠٠٦).

ومن الأمثلة الصارخة على التوسع فى مساحة الزراعات العضوية تلك التى حدثت فى تونس حيث ازدادت المساحة من ٣٠٠ هكتار (٧١٤ فدان) فى عام ١٩٩٧ إلى ٢٢٠٠٠٠ هكتار (٥٢٤ ألف فدان) فى عام ٢٠٠٦ (Riahi وآخرون ٢٠٠٨).

وعادة ما تسوق المنتجات العضوية منفصلة عن المنتجات غير العضوية؛ لأجل بيعها بأسعار أعلى، ليمكن تغطية نفقات إنتاجها.

وتتباين نسبة الزيادة فى أسعار المنتجات العضوية مقارنة بالمنتجات التقليدية، حيث بلغت فى عام ٢٠٠٣ حوالى ٧٪ فى البن، و ٢٥٪ فى الموز، و ٣٠٪ فى البطاطس، و ٤٠٪ فى الأعشاب، و ٥٥٪ فى اللبن، و ٧٠٪ فى الخضر، و ١٠٠٪ فى الأرز (عن عبدالمعطى وآخرين ٢٠٠٤).

وقد أوضحت دراسة على التحول من الزراعة التقليدية إلى الزراعة العضوية دامت ثلاث سنوات، وزُرع فيها الفلفل الحلو والخيار والذرة السكرية، أن الزراعة التقليدية حققت ربحاً صافيًا أعلى مما كان عليه الحال فى الزراعة العضوية خلال فترة التحول، وقد أجرى التحليل الاقتصادى للدراسة اعتمادًا على مقارنة المحصول والأسعار وتكلفة الإنتاج فى الحالتين (Russo & Taylor ٢٠٠٦).

الممنوعات فى الزراعة العضوية

يمنع فى الزراعات والمنتجات العضوية، ما يلى:

١- استخدام كافة الأسمدة المخلقة أو الطبيعية سريعة الذوبان.

٢- استخدام أية مركبات كيميائية أو هرمونات لمكافحة الحشائش فى المزرعة أو على حوافها.

٣- استخدام أى بذور أو كائنات مهندسة وراثيًا أو منتجاتها.

٤- استخدام أى مبيدات مخلقة.

٥- تخزين أى مواد فى المزرعة يكون غير مصرح باستعمالها – أصلاً – فى الزراعة العضوية.

٦- حرق مخلفات البلاستيك، والقش، ومخلفات الحبوب أو المخلفات الحيوانية.

٧- استخدام منظمات النمو الكيميائية.

٨- استعمال الإنزيمات المهندسة وراثيًا فى إنتاج السيلاج.
٩- تلويث المجارى المائية بالسوائل الزائدة أثناء إنتاج السيلاج.
١٠- رعى حيوانات خاصة بمزارع غير عضوية فى المزرعة العضوية.
١١- إضافة البيت موس للتربة.
١٢- استخدام بذور أو شتلات أو أصول ليست منتجة بطريقة عضوية.
١٣- التعريض للإشعاع أو لأى معاملات كيميائية تهدف لإسراع الإنضاج.
١٤- استخدام أى مواد بعد الحصاد لا يكون مسموحًا باستعمالها قبله.
١٥- استخدام أخشاب معاملة بمركبات الأورجانو كلورايد فى التعبئة.
١٦- تلويث المنتجات — بعد الحصاد — بعوادم الآليات المستخدمة أثناء عمليات التداول (عن عبدالمعطى وآخرين ٢٠٠٤).

ومن بين المواد غير المخلقة التى يُمنع استعمالها فى الإنتاج العضوى للمحاصيل

١- الرماد الناتج عن حرق السبلة. وبينما يسمح باستخدام الرماد الناتج عن حرق النموات النباتية الذى يجرى بهدف منع انتشار الأمراض، فإنه لا يسمح بالحرق بهدف التخلص من البقايا المحصولية.

٢- الزرنيخ.

٣- أملاح الرصاص.

٤- الـ sodium fluoaluminate المستخرجة من المحاجر الطبيعية.

٥- الاستركنين strychnine.

٦- غبار التبغ (كبريتات النيكوتين).

٧- كلوريد البوتاسيوم، إلا إذا حُصِل عليه من محاجر طبيعية واستعمل بطريقة تحد من تراكم الكلوريد فى التربة.

٨- نترات الصوديوم، ما لم يتجاوز استعماله ٢٥٪ من حاجة النبات الكلية من النيتروجين (Ferguson ٢٠٠٦).

ويحرم فى الزراعة العضوية تبوير الأرض أو تركها دون غطاء نباتى، لأن ذلك يعرض الأرض لأشعة الشمس المباشرة؛ بما يعنى جفافها وقتل الكائنات الدقيقة المتواجدة فيها، فضلاً عن تسبب ذلك فى عدم وجود أى مأوى للأعداء الطبيعية والكائنات النافعة. لذا .. يتحتم وجود هذا الغطاء النباتى حتى فى بساتين الفاكهة.

وبصفة عامة .. فإن كل المواد الطبيعية أو غير المخلقة يُسمح باستخدامها فى الإنتاج العضوى، وكل المواد المخلقة يمنع استخدامها. هذا .. إلا إنه توجد استثناءات لتلك القاعدة.

وتشمل – كذلك – قائمة الممنوعات فى الإنتاج العضوى مخلفات المجارى (حتى ولو كانت مكمورة)، والكائنات المهندسة وراثيًا، والأشعة المؤينة، والأسمدة، والمواد الحيوانية المحتوية على مواد مخلقة.

المواد المخلقة التى يسمح باستعمالها فى الإنتاج العضوى

يتوفر عديد من المواد المخلقة التى يسمح باستعمالها فى الإنتاج العضوى، والتى تتنوع حسب الغرض من استعمالها، كما يلى:

أولاً: مطهرات:

- الكحولات – الإيثانول – الأيزوبروبانول isopropanol.
- المواد المحتوية على الكلور (على ألا يزيد تركيز الكلور فى الماء عن الحد الأقصى الآمن للاستعمال فى مياه الشرب وهو ١٠ أجزاء فى المليون)، وهى: هيبوكلوريت الكالسيوم – ثانى أكسيد الكلورين – هيبوكلوريت الصوديوم.
- فوق أكسيد الأيدروجين.
- مبيدات الطحالب الصابونية soap-based algicides.

ثانيًا: معاملات لمكافحة الحشائش:

- المبيدات الصابونية.

- أغطية التربة: ورق الصحف الخالى من الأحبار اللامعة والملونة — البلاستيك (مختلف الأنواع المشتقة من البترول غير الـ polyvinyl chloride).

ثالثًا: إضافات للكمبوست:

- ورق الصحف الخالى من الأحبار اللامعة والملونة.

رابعًا: طاردات للحيوانات:

- الصابون — الأمونيوم: للاستعمال مع الحيوانات الكبيرة فقط، وعلى ألا تتلامس مع التربة الأجزاء المأكولة من المحاصيل.

خامسًا: مبيدات حشرية وأكاروسية:

- كربونات الأمونيوم للاستعمال كطُعم فى المصائد الحشرية فقط، وعلى ألاّ يتلامس مع المحصول أو التربة.
- حامض البوريك على ألا يتلامس مع الغذاء العضوى أو المحصول.
- الكبريت.
- الكبريت الجيرى lime sulfur متضمنًا بولى سلفيد الكالسيوم calcium polysulfide.
- الزيوت البستانية والبترولية.
- الصابون.
- المصائد اللاصقة.
- الفيرمونات.

سادسًا: مبيدات للقارضات:

- ثانى أكسيد الكربون (لمكافحة القارضات تحت الأرض فقط).
- فيتامين D_3.

سابعًا: مكافحة البزاقات العريانة slugs والقواقع snails:

- لا توجد مواد مخلقة يُسمح باستعمالها وتصلح لمكافحتها.

ثامنًا: مكافحة أمراض النبات:

- المركبات الكبريتية: أيدروكسيد النحاس - أكسيد النحاس - أوكسى كلوريد النحاس.

يشترط أن تستعمل هذه المركبات بطريقة تحد من تراكم النحاس فى التربة، ولا يجوز استعمالها كمبيدات حشائش.

- الجير المطفى: يستعمل مع كبريتات النحاس، على أن يكون ذلك بطريقة لا تسمح بتراكم النحاس فى التربة.
- الكبريت الجيرى.
- الزيوت البستانية والبترولية.
- كربونات البوتاسيوم.
- زهر الكبريت.
- الاستربتومايسين streptomycin لمكافحة اللفحة النارية - فقط - فى التفاح والكمثرى.
- التتراسيكلين tetracycline (oxytetracycline calcium complex) لمكافحة اللفحة النارية.

تاسعًا: محسنات التربة:

- مستخلصات النباتات المائية: تقتصر عملية الاستخلاص على استعمال أيدروكسيد البوتاسيوم وأيدروكسيد الصوديوم، ولا يستخدم منها إلاّ ما هو ضرورى لعملية الاستخلاص.
- زهر الكبريت.
- الأحماض الدبالية humic acids من الترسبات الطبيعية؛ مع الاستخلاص بالماء والقلويات فقط.
- سلفونات اللجنين lignin sulfonate كعامل مخلبى.
- كبريتات المغنيسيوم بشرط وجود نقص موثق فى مغنيسيوم التربة.

● العناصر الدقيقة على ألا تستعمل فى التخلص من الأوراق أو كمبيدات حشائش أو مجففات للنموات الخضرية، ولا يسمح باستعمال أملاح النترات والكلوريدات. ويشترط لاستعمالها وجود نقص موثق لتلك العناصر فى التربة.

● منتجات البورون القابلة للذوبان.

● كبريتات وكربونات وأكاسيد وسيليكات الزنك والنحاس والحديد والمنجنيز والموليبدنم والسيلينيم والكوبالت.

● منتجات الأسماك السائلة — يمكن تعديل رقمها الأيدروجينى باستعمال أى من أحماض الكبريتيك أو الستريك أو الفوسفوريك، وعلى ألا تزيد كمية الحامض المستعملة عما يلزم لخفض الـ pH إلى ٣,٥.

عاشرًا: منظمات النمو:

● الإثيلين لتنظيم إزهار الأناناس.

حادى عشر: عوامل مساعدة للطفو فى عمليات التداول بعد الحصاد:

● سلفونات اللجنين lignin sulfonate.

● سيليكات الصوديوم عند تجهيز الثمار والألياف (Ferguson ٢٠٠٦).

شروط الموافقة على استعمال مواد جديدة فى الإنتاج العضوى

للمحافظة على إدخال مادة جديدة للاستعمال فى الإنتاج العضوى، فإنه يجب أن تتوفر فيها عدة شروط، كما يلى:

١- يجب أن يكون الاستعمال المستهدف للمادة ضرورى.

٢- يجب ألا يترتب على استعمال المادة أى أضرار بيئية.

٣- يجب أن تكون أضرارها السلبية على صحة الإنسان أو الحيوان أو جودة الحياة فى حدها الأدنى.

٤- يجب ألا تكون البدائل المسموح بها متاحة بكميات كافية أو بالجودة المناسبة.

وإلى جانب ما تقدم من شروط، فإن المواد الجديدة يجب أن تخضع لإجراءات تقييم معينة حسب استعمالها المستهدف، كما يلى:

١- فى حالة الرغبة فى استعمالها فى التسميد أو كمحسنات للتربة:

أ- يجب أن تكون تلك المواد ضرورية لخصوبة التربة أو المحافظة عليها، أو لتأمين احتياجات تغذية معينة للمحاصيل، أو لمتطلبات خاصة للتربة أو للدورة الزراعية لا يمكن تأمينها باستعمال المواد المصرح بها فقط.

ب- يجب أن تكون المواد الجديدة من مصادر نباتية أو حيوانية أو ميكروبية أو معدنية، وأن يتحصل عليها منها بوسائل فيزيائية (مثل الميكانيكية والحرارية)، أو إنزيمية، أو ميكروبية.

جـ- ألا يكون لاستعمالها تأثيرات ضارة على كائنات التربة أو خصائصها الفيزيائية.

٢- فى حالة الرغبة فى استعمالها فى مكافحة الأمراض أو الحشرات أو الحشائش:

أ- يجب أن تكون المواد المقترحة ضرورية لمكافحة الكائنات الضارة التى لا تُجدى معها وسائل المكافحة الأخرى المصرح بها.

ب- يجب أن تكون المواد المقترحة مُتحصل عليها من مصادر نباتية أو حيوانية أو ميكروبية أو معدنية، وأن يكون قد يكون قد تم استخلاصها بوسائل فيزيائية (مثل الميكانيكية والحرارية)، أو إنزيمية، أو ميكروبية (مثل التحلل والهضم).

جـ - إذا كانت تلك المواد تُستخدم فى الزراعات التقليدية وأريد استعمالها — فى ظروف استثنائية — فى المصائد كالفيرمونات (وهى مواد مخلقة)، فإنه قد يُصرح باستخدامها فى الإنتاج العضوى شريطة ألا يصل أى قدر منها — بطريق مباشر أو غير مباشر — للأجزاء المأكولة من المحصول المزروع (CAC ٢٠٠١).

وفى الولايات المتحدة يقوم معهد خاص، هو الـ Organic Materials Review Institute (اختصارًا: OMRI) — وهو معهد لا يبغى الربح — بخدمة العاملين فى مجال الإنتاج العضوى بتحديد ما إذا كان أى مُنتج تجارى يُصلح للاستعمال فى الإنتاج العضوى، أم لا يصلح لشروط الـ National Organic Program (اختصارًا: NOP) المنظم للإنتاج العضوى فى الولايات المتحدة. يقوم المعهد بنشر قوائم بتلك المنتجات وتجديدها

باستمرار (www.omri.org). ونظرًا لأن الشركات المنتجة لأى منتج لا ترغب فى الإفصاح عن كل محتوياته، لذا فإنها تقوم – طواعية – بالكشف عن تلك المحتويات لتلك المؤسسات التى تقوم بدراستها وتحديد مدى مطابقتها لشروط الـ NOP، ثم إدراجها في قوائم الـ OMRI إن كانت مطابقة. ولا يعنى ذلك أن كل المنتجات التى لا توجد على قوائم الـ OMRI لا تصلح للإنتاج العضوى، ذلك لأن الشركات المنتجة ربما تكون قد اختارت ألاّ تتعامل مع الـ OMRI.

شروط استخدام البذور والشتلات وأجزاء التكاثر فى الزراعة العضوية

يتعين على مزارعى الزراعات العضوية استعمال بذور وشتلات حولية وأجزاء تكاثر أنتجت بطريقة عضوية متى تيسر ذلك، أما إن لم يتيسر ذلك فإنه يتعين اتباع التعليمات الآتية مع توثيقها:

١- يمكن استعمال البذور وأجزاء التكاثر غير العضوية ما لم تكن معاملة بمواد غير مسموح بها، وذلك فى حالة عدم توفر صنف مماثل منتج عضويًا، باستثناء أن نبت البذور المأكول edible seed sprouts يجب أن يستخدم فى إنتاجها بذورًا أنتجت بطريقة عضوية.

٢- يمكن استعمال البذور وأجزاء التكاثر غير العضوية التى عوملت بمواد مخلقة معتمدة فى حالة عدم توفر صنف مماثل منتج عضويًا.

٣- يمكن استعمال البذور والشتلات الحولية وأجزاء التكاثر التى عوملت بمواد مخلقة لا يُسمح باستخدامها فى الزراعة العضوية إذا كانت المعاملة بتلك المواد من مستلزمات نظم الصحة النباتية phytosanitary regulation.

٤- يمكن استعمال الشتلات الحولية التى لم تُنتج عضويًا فى إنتاج محصول عضوى كإجراء مؤقت بعد موافقة الجهة المعتمدة.

٥- يمكن استخدام أجزاء التكاثر (الأصول وبراعم الطعوم) والشتلات المعمرة فى الإنتاج العضوى بشرط خضوعها لإجراءات الزراعة العضوية لمدة عام واحد – على الأقل – قبل استعمالها فى الزراعة العضوية (Ferguson ٢٠٠٦).

هذا .. وعادة ما تنتج الشتلات التى تستخدم فى الزراعة العضوية فى مخاليط زراعة خاصة يكون عمادها البيت موس. ويجب عدم استخدام الكومبوست منفردًا لأنه يستمر فى التحلل؛ مما يؤدى إلى حدوث نقص مؤقت فى النيتروجين. ويمكن تسميد المشاتل – بعد نحو أسبوعين من الزراعة – بالأملاح الطبيعية السريعة التيسر المصرح بها، أو بمستخلصات الكومبوست النباتى والأعشاب البحرية.

الدور المرفوض للهندسة الوراثية فى الزراعة العضوية

إن الكائنات المعدلة وراثيًا التى يُمنع استعمالها فى الإنتاج العضوى هى كل ما حُوِّرت وراثيًا بطريقة لا تحدث فى الطبيعة بالتزاوج أو بالانعزالات الوراثية الطبيعية، وإنما بطرق:

١- الهندسة الوراثية بالـ vectors المحملة بالدنا المعزول.

٢- الإدخال المباشر للمادة الوراثية – المجهزة خارج الكائن الحىّ – فى الكائن الحىّ بالـ micro-injection، و macro-injection، و micro-encapsulation.

٣- الاندماج الخلوى cell fusion (متضمنًا اندماج البروتوبلاست)، أو طرق التهجين التى يترتب عليها تكوين خلايا حية تحتوى على توافيق جديدة من المادة الوراثية، من خلال اتحاد خليتين أو أكثر بطرق لا تحدث طبيعيًا.

٤- كافة تقنيات تعديل الدنا الأخرى، مثل:

أ- استبعاد الجينات gene deletion.

ب- مضاعفة الجينات gene doubling.

جـ- تغيير موضع الجين.

أما الطرق التالية فإنها لا تعد من وسائل الهندسة الوراثية مادامت لا تتضمن استعمال دنا معزول recombinant-DNA أو كائنات معدلة وراثيًا:

١- التربية التقليدية، بما فيها مضاعفة الهيئة الكروموسومية.

٢- الاقتران conjugation، والـ transduction، والـ transformation، أو أى عملية أخرى طبيعية.

٣- التخمر.

٤- التهجين.

٥- الإخصاب في البيئة الصناعية in vitro fertilization.

٦- مزارع الأنسجة (UKROFS ٢٠٠٣، و Ferguson ٢٠٠٦).

وتطبيقًا لمبدأ أن لا مكان للهندسة الوراثية في الزراعة العضوية، فإنه لا تجوز إقامة مزرعة للإنتاج العضوى مكان مزرعة أنتجت فيها محاصيل معدلة وراثيًا قبل مرور خمس سنوات على انتهاء تلك الزراعات، وضرورة عزل الإنتاج المعدل وراثيًا عن الإنتاج العضوى مكانيًا، وإداريًا ، وفي استعمال الآلات الزراعية، وأن لا تدخل في الزراعة العضوية أى بذور أو شتلات أو مواد إكثار أو ملقحات أو أى كائنات دقيقة أو أى مدخلات إنتاج زراعية مهندسة وراثيًا، وكذلك أى أسمدة أو محسنات تربة مهندسة وراثيًا، أو أى علائق أو مركزات حيوانية أو فيتامينات مهندسة وراثيًا، كذلك أى حيوانات زراعية أو حيوانات منوية أو أجنة أو سلالات تربية مهندسة وراثيًا، وأى منتجات بيطرية مهندسة وراثيًا، أو أى مواد أولية أو إضافات مهندسة، مع ضرورة المحافظة على سجلات لكل شئ (UKROFS ٢٠٠٣).

هذا .. وقد طُوِّرت حديثًا تقنيتان للتربية، هما: cisgensis، والتربية العكسية reverse breeding، وكلاهما يعتمد على تقنيات جينية، ولكنهما يجب ألا يثيرا قلق أخلاقى من قبل العامة؛ ففى حالة النباتات الـ cisgenic، نجد أن الجينات تنقل إليها من نبات معطى قابل للتلقيح معها؛ بما يعنى إمكان اعتبار الجينات المنقولة من نفس الطبيعة. وفى حالة التربية العكسية،نجد أن الجينات المنقولة — الضرورية لعملية التربية — لا تتواجد فى المنتج النهائى لعملية التربية المكتملة؛ وبذا .. لا يمكن اعتبار هذا المنتج محور وراثيًا. فهل يمكن السماح باستخدام الأصناف الناتجة من تلك التقنيات فى الزراعة العضوية؟.

إن الإجابة على هذا السؤال تعتمد على ما إذا كان المنتج أو عملية التربية هى التى تؤخذ فى الحسبان عند اتخاذ القرار. فالقرار المعتمد على المنتج يعنى اختيار سلك

أخلاقى يأخذ فى الاعتبار – فقط – العواقب العرضية للفعل الإنسانى بعمل تحليل للمخاطر والفوائد. ويهمل هذا السلك الحجج الواقعية الفعلية الأخلاقية التى ترتبط بتطبيق التقنية (العملية) ذاتها. وتستعمل حركة الزراعة العضوية الحجج الفعلية لـ "عدم الطبيعية" ضد الهندسة الوراثية. ولذا .. فإنه يمكن الاستنتاج بأن الأصناف التى يمكن أن تنتج من أى من تقنيتى الـ cisgensis، والـ reverse breeding تخضع للقواعد الحالية المنظمة لعدم استخدام الكائنات المحورة وراثيًا فى الزراعة العضوية؛ ويجب – من ثم – منع استخدامها فى الزراعة العضوية (Van Bueren وآخرون ٢٠٠٧).

الفروق بين الزراعة البيوديناميكية والزراعة العضوية كما تطورت حاليًا

يرجع تاريخ الزراعة البيوديناميكية إلى عام ١٩٢٤ – كما أسلفنا – حينما وضع دكتور رودلف استينر فى ألمانيا أساس تلك الزراعة فى ثمانى محاضرات.

وتُطبق الزراعة البيوديناميكية جميع مبادئ الزراعة العضوية، ولكن مع ضرورة إضافة بعض المستحضرات إلى الحقل وأخرى إلى الكومبوست لتكون الزراعة بيوديناميكية. وبمعنى آخر فإن جميع المنتجات البيوديناميكية هى منتجات عضوية بالضرورة، ولكن العكس غير صحيح.

وتأخذ تلك المستحضرات أرقامًا من ٥٠٠ إلى ٥٠٧، كما يلى:

(أذكر تلك المستحضرات لاستكمال العرض التاريخى للموضوع، وليس لأى أهمية علمية موثقة لها – المؤلف).

أولاً: مستحضرات تضاف إلى الحقل مباشرة:

١- المستحضر ٥٠٠ (مستحضر القرون):

يجهز هذا المستحضر داخل قرون الحيوانات (!) خلال فترة طويلة نسبيًا، ويضاف هذا المستحضر على مهاد البذور، أو يضاف أربع مرات أثناء النمو النباتى بمعدل ٢٠٠ جم/فدان.

٢- المستحضر ٥٠١ (مستحضر سيليكا القرون):

يطلق على هذا المستحضر - كذلك - اسم سماد الكوارتز، وهو يضاف للحقل بمعدل جرامين (٢ جم فقط) للفدان (!)، على أن توضع هذه الكمية فى برميل به ٢٠ لتر ماء، ثم يقلب فى اتجاه عقرب الساعة لمدة ساعة، ثم فى عكس اتجاه عقرب الساعة لمدة ساعة أخرى (!)، ثم تعامل النباتات بهذا المعلق رشًا فى الصباح الباكر خلال مرحلة التزهير.

ثانيًا: مستحضرات تضاف إلى الكمبوست أثناء تجهيزه:

١- المستحضر ٥٠٢ (الأشيليا)، ويُنسب إليه تنظيمه (!) لنسبة النيتروجين أو (!) البوتاسيوم فى التربة.

٢- المستحضر ٥٠٣ (الكاموميل البرى)، ويُنسب إليه علاقته بتيسير الكالسيوم وثبات النيتروجين فى الكمبوست.

٣- المستحضر ٥٠٤ (الحريق)، ويُنسب إليه تنشيطه للمستحضرين السابقين (!).

٤- المستحضر ٥٠٥ (قلف البلوط)، ويُنسب إليه تحسينه لخواص التربة، ومنع الإصابة بمسببات الأمراض التى تعيش فى التربة [لهذه الخصائص أساس علمى - المؤلف].

٥- المستحضر ٥٠٦ (تراكساكم)، ويُنسب إليه تنظيم العلاقة بين الكالسيوم والسيليكا (!).

٦- المستحضر ٥٠٧ (فاليريانا)، ويُنسب إليه تنظيمه للفوسفور فى الكمبوست والتربة (!)، وهو الوحيد الذى يضاف للكمبوست على صورة سائلة بعد تحضيره (علامات التعجب من وضع المؤلف).

هذا .. وتأخذ المنتجات التى تُستعمل معها تلك التحضيرات العلامة التجارية DEMETER، وهى مشهورة فى ألمانيا، ويكون إنتاجها فى ألمانيا وفى دول أخرى بعد اعتمادها من قبل رابطة DEMETER (عبدالمعطى وآخرون ٢٠٠٤).

التفتيش والاعتماد

لكى يمكن بيع منتج أى مزرعة تتبع أساليب الزراعة العضوية كمنتج عضوى لابد من تسجيل المزرعة (registration) أولاً. أما المنتج ذاته فلابد من اعتماده أو تصديقه (certification) من قبل جهة أو شركة متخصصة فى هذا الشأن تكون – غالبًا – من القطاع الخاص. ولا يقتصر الاعتماد على العملية الإنتاجية فقط، وإنما يتعداها ليشمل التداول، والتصنيع، والشحن للتأكد من التزام جميع الخطوات بأساليب الإنتاج العضوى. وبغير ذلك لا يمكن تسويق المنتج كمنتج عضوى. ويعد الاعتماد عملية مستمرة وتتطلب – عادة – فحص سنوى للمزرعة، والاحتفاظ بسجلات لكل العمليات التى تُجرى فيها، وقد تتطلب جهة الاعتماد خطة تفصيلية طويلة المدى لكيفية إدارة معاملات التربة ومكافحة الآفات (Gaskell وآخرون ٢٠٠٠).

إن التصديق هو الإجراءات التى تُعطى بمقتضاها أجهزة التصديق الرسمية تأكيدات مكتوبة بالتزام إنتاج الغذاء ونظم تداول الغذاء بالمتطلبات. ويعتمد تصديق الغذاء على أنشطة معينة من الفحص والتفتيش بكل مراحل الإنتاج والتجهيز والتصنيع.

أما هيئة أو جهاز التصديق certification body، فهى تلك التى تكون مسئولة عن تأكيد أن المنتج المباع على أنه عضوى قد أنتج وجهز وصُنّع وتم تداوله وشحنه تبعًا لشروط المنتجات العضوية (CAC ٢٠٠١).

بداية .. يشترط فى الأرض التى يُطلب اعتمادها لأجل الإنتاج العضوى، ما يلى:

١– يجب ألا يكون قد استعملت فيها أى مواد ممنوعة لمدة ثلاث سنوات قبل الاعتماد.

٢– يجب أن يكون للأرض حدود واضحة وحزام خال من الزراعة حولها؛ لمنع وصول أى مواد محظورة إليها من المزارع – غير العضوية – المجاورة لها.

ومن بين المؤسسات المعنية بالتفتيش والتصديق (أو الاعتماد) للمنتجات العضوية في بعض دول العالم، ما يلي:

١- في الولايات المتحدة يخضع الإنتاج العضوى للقانون الفيدرالى The National Organic Program، الذى يتطلب في جميع المنتجات الغذائية العضوية أن يتوفر بها نفس المقاييس وأن تصدق بنظام واحد للتصديق الذى يجرى بمعرفة وكالات معتمدة لذلك.

٢- في أوروبا (الاتحاد الأوروبى) يخضع المنتج العضوى فيها أو المصدر إليها للتصديق تبعًا للمقاييس الأوروبية (EEC 2092/91). وبالإضافة إلى ذلك فإن كل شحنات المنتجات العضوية المصدرة إليها يجب أن ترافقها شهادة فحص السوق الأوروبية (ECC 1788/2001). توضح هذه الشهادة اعتماد المنتجين ومن تداولوا المنتجات وتفاصيل الشحنة.

هذا .. وتوجد قوانين خاصة لاعتماد المنتجات العضوية في دول أخرى، مثل اليابان وكوريا.

تكثر المصطلحات التى تُستخدم في مجال الإنتاج العضوى وتصديقه، ويمكن الرجوع إلى Ferguson (٢٠٠٦) بخصوص تعريف المصطلحات التى تستعمل في الـ National Organic Program بالولايات المتحدة.

وجدير بالذكر أن جمع النباتات المأكولة — أو أجزاء منها — من بين تلك التى تنمو طبيعيًّا في بيئتها الطبيعية — تعد إنتاجًا عضويًّا شريطة أن تكون الأماكن التى جمعت منها النباتات قد حصلت على تسجيل أو موافقة كأماكن طبيعية، وأن تخضع للرقابة والتفتيش، وألاّ تكون قد تلقت أى معاملة بمواد غير مصرح بها، وألاّ يؤدى جمع النباتات منها إلى إعاقة ثبات البيئة الطبيعية، أو التأثير على استمرار بقاء الأنواع التى يتم جمعها (CAC ٢٠٠١).

تحديات فترة التحول إلى الإنتاج العضوى وما يحدث خلالها من تغيرات

يواجه منتجى الزراعات العضوية تحديات كبيرة خلال فترة التحول من الزراعة

التقليدية إلى الزراعة العضوية، والتى تستمر لثلاث سنوات، حيث يمكن أن ينخفض المحصول كثيرًا فى السنة الأولى، قبل أن يتساوى أو يقل قليلاً عن محصول الزراعة التقليدية فى السنتين الثانية والثالثة من الزراعة العضوية. أما بعد ذلك — أى بداية من العام الرابع — فإن المحصول يتساوى وقد يزيد عن محصول الزراعات التقليدية. هذا علمًا بأن المحصول لا يُصدَّق كمحصول عضوى إلاَّ بداية من العام الرابع؛ أى بعد انتهاء فترة التحول التى تطبق فيها كافة ممارسات الزراعة العضوية (Zinati ٢٠٠٢).

ممارسات فترة التحول

تطبق خلال فترة التحول من الإنتاج التقليدى إلى الإنتاج العضوى كافة ممارسات الإنتاج العضوى دون أن يُقبل المحصول كمنتج عضوى. تستمر تلك الفترة لمدة لا تقل عن سنتين، قبل بداية زراعة المحصول المستهدف كمنتج عضوى، وتزداد تلك الفترة إلى ثلاث سنوات قبل حصاد أى محصول معمر. وقد يقرر الجهاز المشرف على التصديق زيادة هذه الفترة أو تقصيرها على ضوء تاريخ زراعة الأرض، ولكن لا يجب أن تقل الفترة عن ١٢ شهرًا. تكون بداية فترة التحول من بداية إشراف جهة التصديق على متابعة الالتزام بممارسات الإنتاج العضوى فيها.

وفى حالات التحول التدريجى لأجزاء من المزرعة إلى الإنتاج العضوى، فإن الإجراءات تطبق على كل جزء منها مستقلاً. ويجب الفصل التام بين أجزاء المزرعة التى تم تحويلها إلى إنتاج عضوى وتلك التى مازالت فى مرحلة التحول، والأجزاء التى لم يبدأ فيها التحول بعد، ويكون هذا الفصل فى كل من ممارسات الزراعة والحصاد والتداول.

وتؤخذ الأمور التالية فى الاعتبار خلال فترة التحول:

١– يجب تحسين خصوبة التربة أثناء فترة التحول بزراعة البقوليات، والأسمدة الخضراء، والنباتات عميقة الجذور فى دورة مناسبة، مع ضرورة قلب المواد العضوية فى التربة سواء أكانت متحللة أم غير متحللة. كذلك يمكن قلب المخلفات الحيوانية — مثل

السبلة — مباشرة فى التربة إذا ما كانت مستمدة من مزارع إنتاج حيوانى تخضع لممارسات الإنتاج العضوى.

٢- يمكن لأجل تنشيط الكمبوست استخدام كائنات دقيقة مناسبة أو تحضيرات ذات أساس نباتى.

٣- يمكن استخدام التحضيرات الـ biodynamic من مسحوق العظام أو السبلة أو النباتات.

٤- تجب مكافحة الأمراض والآفات والحشائش بأى من الوسائل التالية:

أ- اختيار الأنواع والأصناف المناسبة للزراعة.

ب- اتباع دورة زراعية مناسبة.

جـ- العزيق الآلى.

د- حماية الأعداء الطبيعية للآفات بتوفير البيئة المناسبة لها، وخاصة ما يتعلق بالغطاء النباتى الأصلى.

هـ- تنوع النظام البيئى تبعًا للمنطقة الجغرافية.

و- مكافحة الحشائش باللهب.

ز- إطلاق المفترسات والمتطفلات.

حـ- عمل تحضيرات biodynamic من مسحوق العظام والسبلة والنباتات.

ط- استعمال أغطية التربة وجزّ الحشائش.

ى- رعى الحيوانات.

ك- استخدام وسائل المكافحة الميكانيكية كالمصائد والحواجز والضوء والصوت.

ل- التعقيم بالبخار حينما لا تجدى الوسائل الأخرى.

٥- أن يستخدم فى الإنتاج بذورًا ومواد إكثار أنتجت هى — أصلاً — بطريقة عضوية لجيل واحد على الأقل، أو لمدة موسمى نمو فى حالة المحاصيل، ولا يُسمح باستثناء ذلك الشرط إلا إذا أمكن إثبات تعذر الحصول على مواد الإكثار المنتجة عضويًا (CAC ٢٠٠١).

التغيرات المواكبة لفترة التحول

التغيرات فى خصائص التربة

تكون التربة الزراعية فى الزراعة التقليدية التى تستخدم فيها الأسمدة والمبيدات المخلقة فى حالة من التوازن غير المستقر، ومع بداية التحول نحو الإنتاج العضوى الذى تُستخدم فيه الأسمدة العضوية ووسائل مكافحة الآفات البديلة يكسر هذا التوازن غير المستقر فى التربة، وتبدأ التربة فى التحول نحو توازن جديد، ومع انتهاء فترة التحول التى تستغرق ثلاث سنوات، تكون بيئة التربة قد دخلت — فى ظل الزراعة العضوية — فى توازن آخر يتميز بأنه توازن مستقر.

ويصاحب فترة التحول، ثم الدخول فى الإنتاج العضوى تغيرات كبيرة فى خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية نحو الأحسن، كما يتبين من جدول (١-١).

جدول (١-١): تأثير التحول نحو الزراعة العضوية على خصائص التربة (عن Ngouajio & McGiffen ٢٠٠٢).

الخصائص	التأثير
الخصائص الفيزيائية	
الكثافة bulk density	تنخفض
القدرة على الاحتفاظ بالماء	تزداد
تجمعات التربة	تصبح ثابتة
التهوية	تزداد
العمق الذى يمكن أن تصل إليه الجذور	يزداد
تكوين القشور السطحية	يقل
الجريان السطحى	يقل
الخصائص الكيميائية	
الـ pH	يرتفع
السعة التبادلية الكاتيونية	تزداد

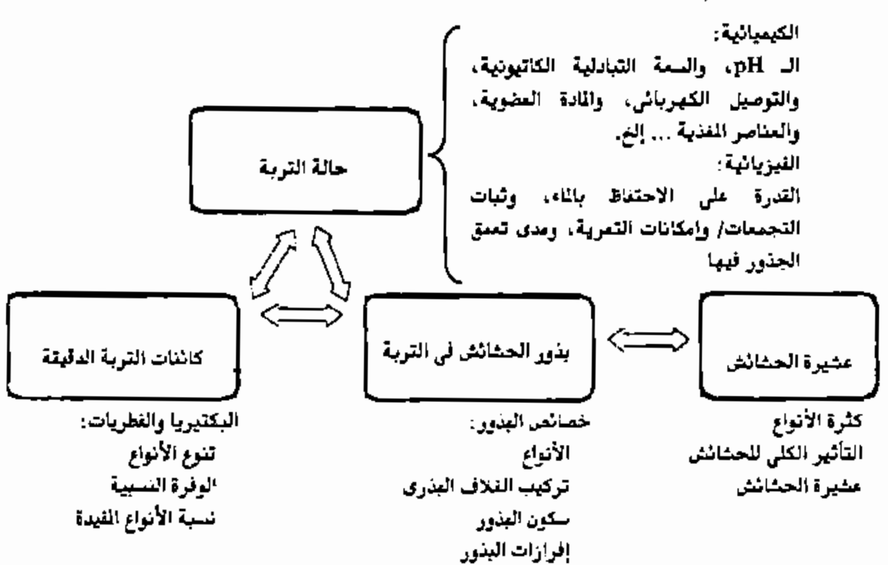
تابع جدول (١-١).

الخصائص	التأثير
نسبة المادة العضوية	تزداد
الكربون الكلى	يزداد
تمعدن النيتروجين	يزداد
النيتروجين الكلى (كلداهل Kjeldahl)	يزداد
نسبة الأمونيوم من النيتروجين الكلى غير العضوى	تزداد
البوتاسيوم والفوسفور الميسران	يزدادان
التوصيل الكهربائى	تزداد
النيتروجين غير العضوى	يزداد
النترات	تنخفض
الخصائص البيولوجية	
الأكتينوميسينات	تزداد
البكتيريا الكلية	تزداد
الفطريات الكلية	تزداد
كائنات التربة الدقيقة	تزداد

يزداد — كثيرًا — النشاط البيولوجى فى الأراضى التى تزرع عضويًا عما فى تلك التى تزرع بالطرق التقليدية، تظهر تلك الزيادة فى نوعيات كثيرة من الكائنات الدقيقة متضمنة الفطريات الزيجوتية وبخاصة أنواعها المضادة للمسببات المرضية، كما تزداد وفرة أنواع الفيوزاريم وخاصة تلك المضادة للفطريات المرضة، وتزداد كذلك أعداد النيماتودا غير المرضة للنباتات. وإلى جانب ما تقدم بيانه تزداد أنواع الديدان الأرضية وتزداد كثافة أعدادها وكتلتها البيولوجية فى الأراضى التى تزرع عضويًا (Stockdale وآخرون ٢٠٠١).

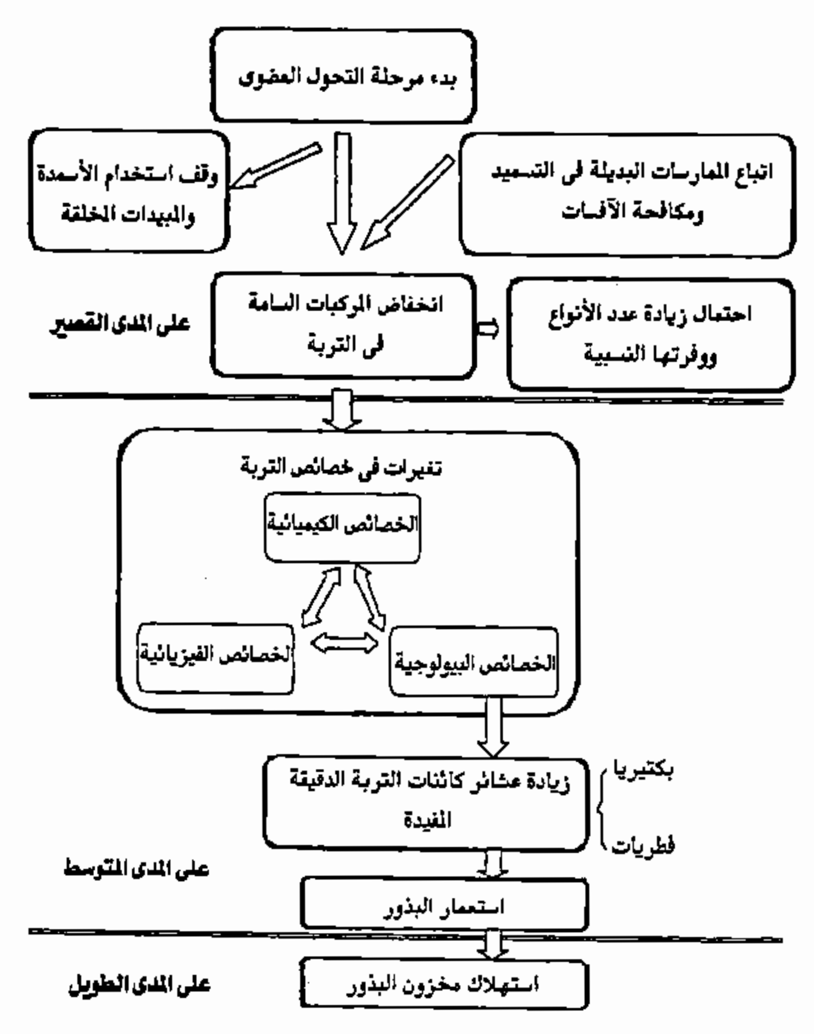
التغيرات في عشائر الحشائش

تتأثر عشائر الحشائش فى الأراضى التى يُمارس فيها الإنتاج العضوى بالتغيرات التى تحدث فى التربة جراء تلك الممارسات، علمًا بأن تلك التأثيرات لا تحدث فى العام الأول من الزراعة العضوية للأرض، وإنما تبدأ فى الظهور فى العام الثانى، وتستقر التغيرات فى عشائر الحشائش فى العام الثالث. ويبين شكلا (١-١)، و (١-٢) العوامل والتفاعلات التى ينتج عنها التأثيرات على عشائر الحشائش (عن Ngouajio & McGiffen ٢٠٠٢).



شكل (١-١): عشائر الحشائش كنتيجة للتفاعل بين حالة التربة، وبذور الحشائش، وكائنات التربة الدقيقة.

ويبدو أن الزيادة فى أعداد أنواع الحشائش التى تظهر فى الحقول التى تخضع لأساليب الزراعة العضوية مردها إلى معاودة ظهور أشد الحشائش حساسية لمبيدات الحشائش، وهى تلك التى تشاهد – بكثرة – على جوانب حقول الزراعات التقليدية التى لا تصلها معاملات مبيدات الحشائش.



شكل (١-٢): العوامل التى تُسهم فى التغيرات فى عشائر الحشائش بعد التحول إلى الزراعة العضوية.

تغيرات أخرى

لا يقتصر تأثير التحول إلى الإنتاج العضوى على التربة فقط، وإنما يتعداه إلى أمور

أخرى كثيرة؛ منها زيادة الأعداء الطبيعة للحشرات، وضعف قدرة الحشرات على وضع البيض. مع زيادة فى تنوع أعداد الأنواع النباتية التى تتواجد فى المزارع العضوية (عن Ngouajio & McGiffen ٢٠٠٢).

الفصل الثانى

تجهيز الكمبوست

يعد الكمبوست compost أحد أهم دعائم الإنتاج العضوى؛ ولذا نولى عملية تجهيز الكمبوست عناية خاصة، نظرًا لأهميته البالغة بالنسبة لمنتجى الزراعات العضوية.

وقد قدَّم Fitzpatric وآخرون (٢٠٠٥) عرضًا تاريخيًا لتطور تقنيات تجهيز الكمبوست خلال القرن العشرين.

يبدأ تجهيز الكمبوست بتحضير ما يعرف باسم "المكمورة".

والمكمورة عبارة عن كومة تحوى مخلوطًا من المواد العضوية، مثل بقايا نباتات المزرعة والمخلفات الحيوانية؛ حيث يخلط بالتربة مع ترطيبهما إلى أن يتم تحللهما. وتسمى هذه العملية باسم "الكمر" composting، والسماد الناتج باسم "الكمبوست".

ويجب عند تحضير المكمورة أن يستفاد من كل مخلفات المزرعة؛ مثل بقايا النباتات، والقش، والحشائش، وكذلك المخلفات الحيوانية، وإن كان ذلك ليس شرطًا لعمل المكمورة. وتخصص مساحة ٦م^{٢} لكل طن من المادة العضوية المراد خلطها في المكمورة؛ على أن يكون مكان المكمورة قريبًا من مصدر للمياه العذبة، لاحتياجها إلى كميات كبيرة من الماء طوال فترة الكمر لتشجيع تحلل المادة العضوية.

ويعرف الكمبوست بأنه البقايا النباتية المتحللة جزئيًا، أما عندما يكتمل تلحلله فإنه يتحول إلى دبال humus.

تصبح كومة الكمبوست جاهزة عندما لا يؤدى قلبها إلى توليد مزيد من الحرارة، وحينئذٍ لا يمكن تمييز المادة العضوية الأولية التى استعملت فى عمل كومة الكمبوست قبل كمرها.

وتفيد إضافة الكمبوست إلى التربة فيما يلي:

١- زيادة قدرة الأراضي الرملية على الاحتفاظ بالرطوبة.

٢- تحسين الصرف والتهوية في الأراضي الثقيلة.

٣- زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالعناصر الضرورية للنبات.

٤- زيادة نشاط ديدان التربة والكائنات الدقيقة المفيدة للنمو النباتي.

٥- تقليل تكون القشور crusts على سطح التربة؛ مما يحسن إنبات البذور.

ومع استمرار إضافة الكمبوست سنة بعد أخرى يتحسن قوام التربة، وتتوقف سرعة التحسن على معدلات الإضافة.

ويوفر الكمبوست قدرًا من العناصر الضرورية اللازمة للنبات، ولكن ذلك لا يكون بالقدر الكافي إلا إذا أضيف الكمبوست بكميات كبيرة.

هذا .. ويتراوح pH معظم أنواع الكمبوست بين ٧، و ٨، ويجب ألاّ تسبب تلك القلوية القليلة للكمبوست أية مشاكل عند خلطه بالتربة (McLaurin & Wade ٢٠٠٨).

مجمل عمليات تحضير المكامير وتجهيز الكمبوست

لعمل المكامير الكبيرة – بهدف تحضير سماد الكمبوست على نطاق واسع – يوصى Nelson (١٩٨٥) بمراعاة ما يلي:

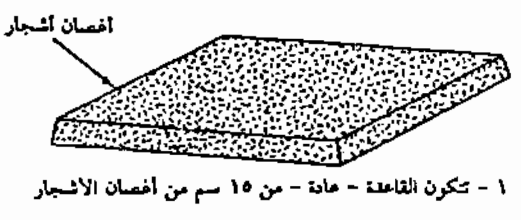
توضع المواد العضوية التي يُراد وضعها في المكمورة في كومات يبلغ عرضها عند القاعدة نحو ٢١٠ سم، بينما يزيد طولها على ذلك، ويصل ارتفاعها إلى ١٥٠ سم. تكون الكومة مستدقة – تدريجيًّا – نحو القمة، بحيث تقل جوانبها – عند القمة – بنحو ٦٠ سم عما يكون عليه الحال عند القاعدة.

تتكون المواد العضوية التي يجب وضعها في المكمورة من مجموعتين، كما يلي:

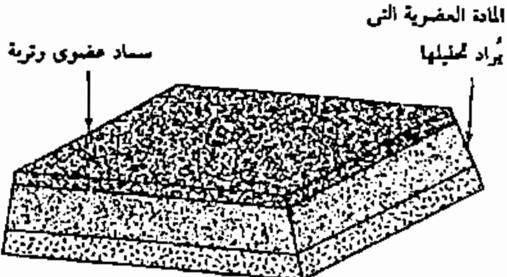
١- مواد كربونية تكون فقيرة في محتواها من النيتروجين، وغنية نسبيًّا في محتواها من الكربون، مثل: القش، وبرى الخشب، ونشارة الخشب.

٢- مـواد نيتروجينيـة تكـون غنيـة بـالنيتروجين مقارنـة بـالكربون؛ مثـل: النباتـات الخضراء، والسماد الحيوانى.

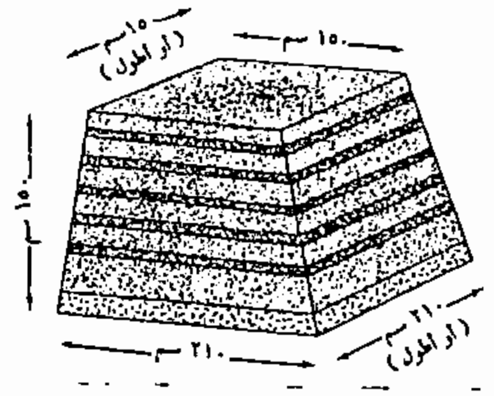
يجب خلط هذه المواد معًا بنسبة ٧٥٪ مواد كربونية إلى ٢٥٪ مواد نيتروجينيـة (شكل ٢-١).



١ - تتكون القاعدة - عادة - من ١٥ سم من أغصان الأشجار



٢ - يوضع على طبقة الأغصان السفلى ٣٠سم من مخلوط النفايات العضوية ، ثم ٥ سم من السماد العضوى ، ثم ٢.٥ سم من التربة



شكل (٢-١): طريقة عمل المكمورة (يُراجع المتن للتفصيل).

يوضع أسفل المكمورة – عادة – طبقة من الأغصان النباتية (الناتجة من عمليات التقليم) سُمكها ١٥ سم، لتوفير التهوية اللازمة للتحلل الجيد. يلى ذلك إضافة طبقة من مخلوط المواد الكربونية والنيتروجينية (بنسبة ٣ : ١) بسمك ٣٠ سم، تليها طبقة من مادة نيتروجينية – مثل السماد الحيوانى – سُمكها ٥ سم، ويوضع على قمتها طبقة من التربة سُمكها ٢,٥ سم. يكرر بعد ذلك إضافة هذه الطبقات – ولكن مع عدم تكرار إضافة طبقة الأغصان النباتية، وتقليل سمك طبقة مخلوط المواد الكربونية والنيتروجينية إلى ١٥ سم – حتى تصبح الكومة بارتفاع ١٥٠ سم.

يراعى أن تكون قمة الكومة مقعرة من أعلى؛ حتى يمكن إضافة الماء عليها. يعتبر الماء ضروريًّا لعملية الكمر والتحلل، ويجب أن تتراوح نسبته – بالوزن – من ٥٠٪ إلى ٦٠٪. وعند إضافة أية مواد جافة إلى الكومة فإنه يتعين ترطيبها.

تحتاج الكائنات الدقيقة التى تقوم بعملية تحليل المواد العضوية إلى كميات كبيرة من الأكسجين. وإذا كانت الكومة زائدة الرطوبة – إلى الحد الذى تصبح معه منضغطة أثناء التحلل – فإن الأكسجين الموجود فيها يستهلك بسرعة أكبر من سرعة نفاذه إلى داخلها. ويترتب على ذلك نشاط مجموعة أخرى من الكائنات الدقيقة ينتج منها رائحة كريهة، وتكون نواتج التحلل غير مرغوب فيها.

وبينما يكون التحلل زائدًا فى الكومات التى يزيد ارتفاعها على ١٨٠ سم، فإن الكومات غير العميقة (٦٠ سم مثلاً) لا تكون معزولة بقدر كاف للمحافظة على الحرارة العالية اللازمة للتحلل.

يجب خلط المكمورة جيدًا من آن لآخر؛ وذلك لإعادة تكوين المسافات البينية التى تسمح بالتهوية، ولنقل الأجزاء السطحية – التى لم تتحلل – من الكومة إلى مركزها. وتزداد سرعة التحلل بزيادة معدل تقليب الكومة. وبينما يمكن أن تستكمل الكومة تحللها فى ستة شهور فى الجو البارد إذا قلبت كل ستة أسابيع، فإن عملية التحلل يمكن استكمالها فى أسبوعين فى الجو الحار إذا قلبت الكومة بعد أربعة أيام، ثم فى اليوم السابع، واليوم العاشر.

تتوفر الكائنات الدقيقة التى تلزم لعملية التحلل فى كل من السماد العضوى والتربة المضافَيْن إلى المخلوط. وتحصل الكائنات الدقيقة على النيتروجين اللازم لها من المواد النيتروجينية الموجودة فى الخلطة. وإذا لم تتوفر المواد النيتروجينية بكميات كافية فى الخلطة كان من الضرورى إضافة بعض الأسمدة الآزوتية إليها، وإلا طالت فترة الكمر اللازمة.

يكون السماد العضوى الناتج من المكمورة فقيرًا فى محتواه من العناصر المغذية؛ حيث يحتوى الكمبوست الجاف – عادة – على ١,٥٪–٣,٥٪ نيتروجينًا، و ٠,٥٪–١,٠٪ فوسفورًا، و ١,٠٪–٢,٠٪ بوتاسيوم. ويكون الـ pH – عادة – متعادلاً إلى قليل القلوية.

مكونات المكمورة

تصلح أنواع كثيرة من المواد العضوية لعمل الكمبوست منها، إلا أن تلك التى تحتوى على الكربون إلى النيتروجين بنسب معينة هى المفضلة، كما سيأتى بيانه لاحقًا. وعمومًا .. فإن جميع المخلفات العضوية تصلح لعمل الكمبوست باستثناء الأخشاب ومخلفات التقليم الخشبية. ويفضل دائمًا فرم الفروع الشجرية التى يزيد قطرها عن ٦ مم. وتضاف للكومبوست قبل عملية الكمر كمية قليلة من التربة. كذلك يمكن إضافة نشارة الخشب إذا ما توفر مصدر إضافى للنيتروجين. ويلزم – تقريبًا – كيلوجرام واحد من النيتروجين N (مثلاً: ٣ كجم نترات نشادر) لتحلل ١٠٠ كجم من نشارة الخشب. ويجب عدم استعمال المخلفات النباتية التى سبقت معاملتها بمبيدات الحشائش إلا بنسب بسيطة. ويجب – كذلك – عدم استعمال أى مخلفات عضوية يمكن أن تكون مصدرًا لمشاكل صحية، مثل مخلفات الإنسان. وما لم ترتفع الحرارة فى جميع أجزاء كومة الكمبوست إلى ٦٥–٧٥°م بالتقليب الجيد – وهى الحرارة التى تقتل المسببات المرضية – فإن إضافة مخلفات نباتية مصابة بالأمراض قد يسبب مشاكل عند استعمال الكمبوست المجهز دون تقليب جيد، حيث تحتفظ جراثيم المسببات المرضية بحيويتها.

ولا يفضل كمر الحشائش التى تكون محملة بالبذور؛ ذلك أنه على الرغم من موت

بعض البذور أثناء عملية الكمر، فإن تواجد أعداد كبيرة منها فى المكمورة يعنى أن كثيرًا منها سوف لن يتأثر بعملية الكمر؛ ليشكل مشكلة عند استعمال ذلك الكمبوست بعد ذلك.

ولا يجوز أن يُستخدم ضمن مكونات المكمورة أى من المواد التالية:

١- نشارة الخشب المتحصل عليها من أخشاب سبقت معاملتها كيميائيًا، ذلك لأنها تحتوى على الزرنيخ الشديد السمية بالإضافة إلى الكروم والنحاس.

٢- النباتات المصابة بالأمراض:

على الرغم من أن الكمر الجيد والكامل يؤدى إلى التخلص التام من جميع مسببات الأمراض، إلا أن الأمر لا يخلو من وجود أجزاء نباتية لم تتعرض للكمر الكامل فى المنتج النهائى، وهى التى تكون مصدرًا للإصابة المرضية.

٣- مخلفات الإنسان؛ نظرًا لأنها قد تحتوى على مسببات مرضية للإنسان، وما يترتب على ذلك من مخاطر على الصحة العامة.

٤- بقايا اللحوم والعظام والأغذية الدهنية:

تعد تلك المواد جاذبة للفئران وغيرها من الحيوانات، بالإضافة إلى أن الأغذية الدهنية تعد بطيئة التحلل بدرجة كبيرة؛ نظرًا لأن الدهون يمكن أن تشكل حاجزًا أمام الأكسجين الذى تحتاجه الكائنات الدقيقة التى تقوم بعملية التحلل.

٥- الحشائش الخبيثة:

لا تجوز إضافة الحشائش الخبيثة إلى مكونات المكمورة إلا إذا كانت ميتة تمامًا، وأفضل وسيلة لتحقيق ذلك هى تركها — بعد تقليعها — لتجف على سطح التربة لمدة أسبوعين.

٦- مخلفات الحيوانات الأليفة المنزلية مثل مخلفات القطط والكلاب:

قد يلجأ البعض إلى استخدام تلك المخلفات عند عمل الكمبوست فى الحدائق المنزلية، إلا أن ذلك يجب تجنبه لما قد تحتويه تلك المخلفات من مسببات مرضية يمكن أن تصيب الإنسان.

الإضافات الأخرى للمكمورة

يتأثر نشاط الكائنات الدقيقة المحللة للكمبوست بنسبة الكربون إلى النيتروجين في المخلفات العضوية المتحللة. ونظرًا لأن تلك الكائنات تحتاج إلى قدر معين من النيتروجين لأيضها ونموها، فإن نقص النيتروجين يبطء عملية التحلل بشدة، وذلك كما يحدث عند تحلل القش ونشارة الخشب، ما لم تتم إضافة النيتروجين إلى الكومة. وتعد السبلة مصدرًا جيدًا للنيتروجين. أما الفوسفور والبوتاسيوم فإنهما يتواجدان – عادة – بكميات كافية للتحلل.

تُنتج الأحماض العضوية خلال المراحل الأولى لعملية التحلل، مما يؤدى إلى خفض pH المكمورة، وتلك ظروف تناسب نشاط معظم الكائنات الدقيقة المحللة للمادة العضوية. ويؤدى رفع الـ pH بإضافة الجير إلى تحول النيتروجين الأمونيومى إلى غاز الأمونيا؛ ليفقد فى الهواء. وعلى الرغم من أن الجير قد يُسرع عملية التحلل، فإن الفاقد فى النيتروجين يكون كبيرًا، ولذا .. لا يوصى بإضافة الجير.

ومن بين المواد التى يمكن إضافتها إلى كومة الكمبوست لتحسين قيمته المغذية للنبات، ما يلى:

المادة	المعدل (كجم/م^2)	التأثير
الكبريت الزراعى	٣–٥	تحسين الـ pH – زيادة تيسر العناصر
صخر الفوسفات	٧–١٠	زيادة تيسر الفوسفور
سلفات بوتاسيوم طبيعى	٧–١٠	زيادة عنصر البوتاسيوم
سلفات مغنيسيوم طبيعى	١–٢	زيادة عنصر المغنيسيوم

تضاف هذه الصخور أثناء تجهيز الكمبوست على ألاّ تقل الفترة بين إضافتها واستعمال الكمبوست عن شهر؛ لإعطاء الفرصة للكائنات الدقيقة أن تعمل فعلها وتزيد من تيسر العناصر.

لقد وجد أن إضافة تلك الصخور الطبيعية (صخر الفوسفات – الفلدسبار – الكبريت

الزراعى – الدولوميت – البنتونيت) للمخلفات العضوية أثناء عملية الكمر الهوائى وإنتاج الكمبوست أدت إلى ذوبان تلك الصخور وتيسر العناصر منها، وكانت الزيادة فى محتوى الكمبوست من العناصر الميسرة أعلى عندما أضيفت الصخور فى بداية عملية الكمر عنها عندما كانت إضافتها بعد ستة أسابيع من بداية الكمر كما يلى (الحجار وآخرون – المؤتمر الدولى الثانى للزراعة العضوية – القاهرة – ملخصات البحوث – ٢٠٠٤).

العنصر	الزيادة (٪) عند إضافة الصخر	
	فى بداية الكمر	بعد ٦ أسابيع من بداية الكمر
الفوسفور	٢٧,٤	٢١,٨
البوتاسيوم	٣٨,٥	٣٢,١
الكالسيوم	٥٩١–٧٢١	٥٢٩–٥٨٦
المغنيسيوم	٥٩,٤	٤٨

متطلبات الكمر الجيد

إن من أهم الأمور التى يتعين مراعاتها فى عملية الكمر، ما يلى:

١– تتحلل المادة العضوية بشكل جيد إذا تراوحت أجزاؤها بين ١,٥ إلى ٤ سم فى الحجم، ولا يجب فرم الأنسجة الغضة الطرية إلى أجزاء صغيرة جدًّا لأنها تتحلل سريعًا. وبعكس ذلك .. فإن الأنسجة الصلبة والخشبية يفضل أن تكون صغيرة الحجم لكى تتحلل سريعًا، ويتعين طحن المواد الخشبية.

٢– لكى تتم عملية الكمر بكفاءة عالية ينبغى أن تبدأ المكمورة بنسبة كربون إلى نيتروجين ٣٠:١، علمًا بأن خلط أحجام متساوية من المادة النباتية الخضراء والمادة النباتية الجافة يعطى – تقريبًا – تلك النسبة.

٣– يكون التحلل جيدًا عندما تكون نسبة الرطوبة فى مكونات المكمورة ٥٠٪، علمًا بأن التحلل يكون بطيئًا أو لا هوائيًا عندما تكون المكمورة مشبعة بالرطوبة، ويكون بطيئًا أو يتوقف كلية عندما تكون المكمورة جافة.

٤- يحافظ الحجم المناسب للمكمورة على الحرارة التى تنتج من عملية التحلل، وهى التى تسرع التحلل وتقضى على مسببات الأمراض وبذور الحشائش التى قد توجد فى المكمورة.

ويجب ألاّ تقل أبعاد كومة المكمورة عن متر واحد عرضًا ومتر واحد ارتفاعًا؛ ذلك لأن عملية الكمر والتحلل لا تتم بصورة جيدة فى الكومات الأقل حجمًا عن ذلك، والأفضل زيادة تلك الأبعاد إلى ١,٥م عرضًا، و ١,٥م عمقًا، وبأى طول على ألا يقل عن ١,٥ م.

٥- وكما أسلفنا تتكون كومة المكمورة من عدة طبقات، كما يلى:

أ- توضع المادة العضوية ذات الأجزاء الكبيرة فى قاع الكومة؛لأن ذلك يسرع من تحللها، كما أن وجودها بالقاع يسمح بحركة الهواء حول قاعدة الكومة نحو داخلها حيث يتحرك إلى أعلى، مما يؤدى إلى رفع حرارة الكومة . ويراعى ترطيب جميع الطبقات أثناء إضافتها للكومة.

ب- تضاف المخلفات العضوية ذات الأجزاء الأصغر حجمًا بسمك ٢٠-٢٥ سم، مع رشها بالماء إلى أن تصبح رطبة، ولكن دون أن تتشبع بالماء.

جـ- تضاف سبلة الماشية فى طبقة بسمك حوالى ٢,٥ سم.

د- تضاف التربة فوق السبلة فى طبقة أخرى بسمك حوالى ٢,٥ سم أيضًا.

تعد التربة مصدرًا جيدًا للكائنات التى تقوم بتحليل المخلفات العضوية. كما تحتوى المخلفات — هى الأخرى — على تلك الكائنات، بما يعنى عدم الحاجة إلى استعمال بادئ من الكمبوست الجاهز أو البيئات الميكروبية.

تتكرر إضافة جميع الطبقات التى أسلفنا بيانها — مع استمرار ترطيبها — إلى أن تصل الكومة إلى الارتفاع المطلوب. ويلى ذلك تغطيتها بنحو ١٥-٢٠ سم من القش.

٦- يتعين حماية كومة الكمبوست من الرياح التى تؤدى إلى سرعة جفافها، وهو أمر غير مرغوب فيه. كما أن حماية الكومة من الرياح، مع تعرضها لأشعة الشمس يُسرعان من ارتفاع حرارتها، وذلك أمر مرغوب فيه. ولكن يتعين كلما ازداد التعرض للشمس أو للرياح — زيادة معدلات رش الكومة بالماء.

٧- ينبغي قلب المكمورة لكي لا تزيد الحرارة عما ينبغي في مركزها، مع إعطاء الفرصة للحواف لأن تصبح في المركز. تؤدي عملية قلب المكمورة إلى برودتها قبل أن يبدأ التحلل وترتفع الحرارة من جديد، كما تعمل على تحسين التهوية فيها. يؤدي قلب المكمورة يوميًا إلى اكتمال تحللها في خلال أسبوعين، وإذا ما كان قلبها كل يومين فإن تحللها يستغرق ثلاثة أسابيع، وتزداد المدة التي يتطلبها التحلل كلما تأخر قلب المكمورة.

وعمومًا .. يتعين قلب كومة الكمبوست مرة شهريًا (أو كل ثلاثة أسابيع في الجو الحار)، لأجل إسراع التحلل، ومنع تكون الروائح الكريهة، ولتعريض البذور ويرقات الحشرات ومسببات الأمراض للحرارة المميتة لها داخل الكومة. ويمكن إجراء عمليتي القلب والخلط إما بقلب أجزاء من الكومة، وإما بنقلها إلى مكان مجاور. ويستدل على كفاءة عملية القلب والخلط بغياب الروائح الكريهة، لأن الحرارة العالية داخل الكومة تؤدي إلى قتل البكتيريا المكونة لتلك الروائح. ويراعى - دائمًا - الإبقاء على الكومة رطبة، ولكن دون أن تكون مشبعة بالماء. وقد تتكون الروائح الكريهة جراء وجود كميات كبيرة من المواد العضوية التي يرتفع - كثيرًا - محتواها من الرطوبة - مثل الثمار - في الكومة، أو بسبب زيادة ترطيب الكومة عما ينبغي. هذا مع العلم بأن الكومة النشطة في التحلل تصل الحرارة في منتصفها إلى ٥٤-٧١°م في خلال أيام قليلة، وحينئذٍ يلاحظ أن الكومة قد بدأت تستقر وترسخ في مكانها، ويعد ذلك علامة جيدة على نشاط عملية الكمر.

وإذا لم ترتفع حرارة الكومة، فإن ذلك قد يكون بسبب واحد أو أكثر من العوامل التالية:

أ- صغر حجم الكومة.

ب- عدم احتواء الكومة على قدر كافٍ من النيتروجين.

جـ- غياب الأكسجين.

د- زيادة الرطوبة بشدة.

هـ- عدم توفر الرطوبة بالقدر الكافي.

ويفيد قلب الكومة في توصيل الأكسجين والمواد غير المتحللة إلى مركز الكومة، مما يؤدى إلى توليد حرارة جديدة بالكومة. وتعد عملية الكمر قد استكملت عندما لا يؤدى قلب الكومة إلى توليد مزيد من الحرارة فيها.

٨- بمجرد بدء الكمر يجب التوقف عن إضافة أى شئ إلى المكمورة (باستثناء ما يأتى بيانه تحت رقم ١٠)، ذلك لأن أى إضافات عضوية جديدة للمكمورة تعنى ضرورة إطالة فترة الكمر حتى ينتهى تحلل تلك الإضافات.

٩- إذا جُهزت الكومة بشكل جيد فإن حرارتها ترتفع كثيرًا فى خلال ٢٤-٤٨ ساعة، وإذا لم يحدث ذلك فإن هذا يعنى أن الكومة زائدة الرطوبة، أو شديدة الجفاف، أو أنها لا تحتوى على قدر كافٍ من المادة النباتية الخضراء. فإن كانت الكومة زائدة الرطوبة يتعين نشرها لفترة حتى تفقد جزءًا من رطوبتها، وإن كان زائدة الجفاف يتعين رشها بالماء، وخلاف ذلك تكون الكومة فقيرة فى النيتروجين حيث يتعين تزويدها بنباتات خضراء أو سبلة دواجن أو بول حيوانات مخفف بالماء بنسبة ١ : ٥.

١٠- إذا كانت نسبة الكربون إلى النيتروجين فى المكمورة أقل من ٣ : ١ فإن المادة العضوية تتحلل سريعًا، ولكن مع حدوث فقد فى جزء من النيتروجين على صورة أمونيا، ؛ فإذا ظهرت رائحة الأمونيا حول المكمورة فإن ذلك يعنى حدوث فقد فى النيتروجين. ويمكن وقف هذا الفقد بإضافة مادة غنية بالكربون إلى المكمورة مثل نشارة الخشب. وبخلاف إضافة الماء للكومة لكى لا تجف، فإن نشارة الخشب هى المادة الوحيدة التى قد تضاف للمكمورة — عند الضرورة — أثناء عملية الكمر.

١١- إن من أهم مظاهر التحلل السريع للمكمورة ظهور رائحة مقبولة، وارتفاع حرارة الكومة (الأمر الذى يمكن رؤيته فى صورة بخار ماء ينطلق عند قلب الكومة)، ونمو فطريات بيضاء على المادة العضوية المتحللة، ونقص حجم المكمورة، وتغير لون المادة العضوية إلى البنى الداكن.

١٢- يعرف انتهاء التحلل ببرودة المكمورة وانخفاض حرارتها. وتجدر الإشارة إلى

احتمال بقاء بعض أجزاء المكمورة كبيرة الحجم إن لم تكم المادة العضوية قد فرمت جيدًا قبل بدء عملية الكمر. ويمكن غربلة تلك الأجزاء باستعمال غرابيل سعة ثقوبها ٢,٥ سم، حيث يمكن إضافتها إلى مكمورة جديدة لكى يكتمل تحللها.

وتصبح الكومة جاهزة — عادة — فى خلال شهرين أو أقل من ذلك فى الجو الحار إلى أربعة شهور أو أكثر من ذلك فى الجو البارد.

ويتعين التأكد من أن عملية الكمر أصبحت مكتملة قبل إضافة الكمبوست إلى التربة، لأن عدم اكتمالها يعنى ارتفاع نسبة الكربون فى ذلك الكمبوست، وحصول الكائنات الدقيقة التى تكمل التحلل على حاجتها من النيتروجين من التربة.

وعند انتهاء عملية الكمر، فإن الكومة تصبح حوالى نصف حجمها الابتدائى، وتكون لها رائحة التربة (earthy smell).

وبعد تمام التحلل يمكن خزن السماد الناتج فى حيز أصغر، وكبسه، مع استمرار ترطيبه بالماء وحمايته من الحرارة.

العوامل المؤثرة فى تحلل مكونات المكمورة

يعتمد تحلل المادة العضوية فى كومة المكمورة على المحافظة على النشاط الميكروبى فيها، فأى عامل يبطئ أو يوقف النمو الميكروبى يعوق — كذلك — عملية الكمر. ويكون الكمر فعَّالاً إذا ما حوفظ على كل من التهوية، والرطوبة، وحجم أجزاء المادة العضوية، ومستوى النيتروجين فى المجال المناسب للنشاط الميكروبى.

التهوية

يعد الأكسجين ضروريًا للميكروبات لكى تحلل المواد العضوية بكفاءة. وعلى الرغم من أن بعض التحلل يحدث فى غياب الأكسجين (فى الظروف اللاهوائية)، فإن العملية تكون بطيئة، وتصاحبها روائح كريهة. ويوفر قلب وإعادة خلط كومة المكمورة مرة أو مرتان شهريًا الأكسجين الضرورى، ويسرع كثيرًا من عملية التحلل؛ ذلك لأن الكومة

التى لا تُقلب ويعاد خلطها قد يحتاج تحللها إلى ٣-٤ أضعاف الوقت الذى يلزم لتحلل الكومات التى تقلب بانتظام. ويفيد رفع الكومة عن سطح التربة قليلاً - أثناء تجهيزها - فى سحب الهواء الجديد من أسفل ليحل محل الهواء الساخن الذى يتصاعد أعلى الكومة إلى خارجها. ويتحقق ذلك بوضع مواد غير دقيقة (خشنة coarse) أسفل الكومة، لتسمح بمرور الهواء من خلالها، على أن يتم التخلص منها بعد انتهاء التحلل.

الرطوبة

تعد الرطوبة الكافية ضرورية للنشاط الميكروبى؛ فالمكمورة الجافة لا تتحلل بكفاءة. وتشجع الرطوبة المناسبة نمو وتكاثر الكائنات الدقيقة التى تحلل المادة العضوية إلى دبال. وتلزم إضافة الماء للكومة على فترات - رشًا - للمحافظة على معدل ثابت ومستقر للتحلل. يضاف الماء بالقدر الذى يجعل الكومة رطبة، ولكن ليست مشبعة؛ لأن الماء الزائد يمكن أن يجعل ظروف التحلل لاهوائية، مما يبطئ العملية، وتظهر معها روائح كريهة. وإذا ما أصبحت الكومة زائدة الرطوبة بطريق الخطأ، يتعين قلبها لتجف. والرطوبة المثلى هى تلك التى تتسبب فى ترطيب اليد، دون أن يتساقط الماء عندما يضغط باليد على عينة من المكمورة تؤخذ من عند عمق ٢٠ سم تقريبًا.

حجم أجزاء المادة العضوية

يؤدى فرم المادة العضوية إلى أجزاء صغيرة إلى تقيل الفترة التى تلزم لتحللها كثيرًا؛ ذلك لأن الفترة التى تلزم للتحلل تتناسب طرديًا مع حجم أجزاء المادة المتحللة.

درجة الحرارة

لدرجة حرارة الهواء الخارجى للكومة أهمية كبيرة فى نشاط الكائنات الدقيقة التى تقوم بعملية التحلل؛ التى يزداد نشاطها طرديًا مع الارتفاع فى درجة الحرارة. وتقع الكائنات الدقيقة التى تقوم بالتحلل ضمن فئتين، هما: الوسطية mesophylic، وهى التى تعيش وتتكاثر فى حرارة تتراوح بين ١٠، و ٤٥°م، والمحبة للحرارة

thermophilic، وهى تعيش وتتكاثر فى حرارة تتراوح بين ٤٥، و ٧٠°م؛ علمًا بأن المكمورة المخلوطة جيدًا والتى تنشط فيها عملية الكمر ترتفع حرارتها إلى ٤٣–٧١°م أثناء نشاط الكائنات الدقيقة فيها. وتساعد تلك الحرارة العالية على قتل بذور الحشائش ومسببات الأمراض فى الكومة. ويلى ذلك انخفاض حرارة الكومة – تدريجيًا – إلى أن تتساوى مع حرارة الهواء المحيط بها.

النشاط الميكروبى فى المكمورة والتغيرات فى الرقم الأيدروجينى

من المفيد إضافة قليل من التربة الجيدة الخصبة إلى كومة المكمورة أثناء إعدادها، حيث يُعد ذلك بمثابة تلقيح لها بأنواع متباينة من الكائنات الدقيقة التى تقوم بعملية التحلل.

يمكن لعديد من الكائنات الدقيقة البقاء فى الحرارة الشديدة الارتفاع، وهى التى تعرف باسم extremophiles، مثل *Thermus thermophilus* التى تلعب دورًا هامًا فى عملية الكمر أثناء الارتفاع الشديد لدرجة الحرارة.

وتتباين أنواع الكائنات الدقيقة التى تنشط أثناء عملية الكمر كما يلى:

١– عند صفر–١٥°م تسود الـ psychrophiles، لتبدأ عملية التسخين مع تكاثرها.

٢– عند ١٥–٤٠°م تسود الـ mesophiles وتموت الـ psychrophiles، أو أنها تبقى فقط عند الحواف.

٣– عند ٤٠–٧٠°م تنشط الـ thermophiles، لتستهلك – أثناء نشاطها – عديدًا من الأنواع البكتيرية الأخرى التى تموت خلاياها بفعل الحرارة العالية.

وتحدث تغيرات مماثلة فى pH الكومة أثناء تحللها. ففى البداية تكون المادة العضوية – المتحصل عليها من مصادر نباتية طازجة – حامضية قليلاً؛ حيث يكون رقم حموضتها حوالى ٦.٠. ومع تحلل المادة العضوية تتكون الأحماض العضوية التى تخفض الـ pH إلى ٤.٥–٥.٠. ومع ارتفاع درجة الحرارة تحدث تغيرات كيميائية أخرى تؤدى إلى رفع الـ pH إلى ٧.٥–٨.٥. وفى النهاية يثبت الـ pH عند حوالى ٧.٠–٧.٥ (عن Nelson ١٩٨٥).

حجم أجزاء مكونات المكمورة

يحدث التحلل لمكونات المكمورة عند سطح الجزيئات المتحللة أو قريبًا منه، حيث يتوفر النيتروجين، وتتواجد الكائنات الدقيقة التى تقوم بعملية التحلل. ولذا .. فإن الجزيئات الصغيرة التى تُزداد فيها المساحة السطحية لكل وحدة وزن منها تزداد سرعة تحللها متى كانت التهوية فيها جيدة. ويمكن لسرعة تحلل مكونات المكمورة أن تتضاعف إذا ما تم طحن تلك المكونات مسبقًا، إلاّ أن الحجم المناسب للجزيئات يتراوح بين ١,٥ سم فى حالة التهوية بالدفع الجبرى للهواء خلال المكمورة إلى ٧,٥ سم فى حالة التهوية السلبية العادية مع التقليب.

ونظرًا لأن الأكسجين لا يمكنه الوصول بسهولة إلى مركز الجزيئات التى يزيد قطرها عن السنتيمتر، فإن التحلل عند المركز يكون غالبًا لاهوائيًّا وبطيئًا. هذا .. إلاّ أن مشكلة التحلل اللاهوائى ربما تكون أكبر عند صغر أحجام الجزيئات المكونة للمكمورة، حيث تكون الفراغات المتواجدة بين جزيئاتها صغيرة الحجم وممتلئة بالماء بفعل الخاصية الشعرية.

وتتأثر مسامية المكمورة بشكل الجزيئات المكونة لها وحجمها، وكيفية ترتيبها معًا، فجميعها عوامل تؤثر فى مدى اندماج الجزيئات معًا، ومدى ملئها للفراغات بينها، ومن ثم تؤثر فى مدى نفاذية ومسامية المكمورة. وحتى مع توفر مسافات بينية غير مملوءة بالماء، فإن حركة الهواء فى المسافات البينية الضيقة تكون أضعف من حركته فى المسافات الواسعة؛ بسبب احتكاك الهواء بالحبيبات المحيطة بتلك المسام، فضلاً عن أن تلك المسام ليست أنابيب مستقيمة متصلة، وإنما هى كثيرة التعرجات، وكثيرًا ما تكون مغلقة؛ مما يزيد من مقاومة نفاذ الهواء خلالها.

نسبة الكربون إلى النيتروجين فى مكونات المكمورة

عندما ينخفض كثيرًا مستوى النيتروجين فى مكونات المكمورة فإن الكائنات الدقيقة لا يمكنها النمو والتكاثر بمعدلات عالية، مما يؤدى إلى بطء التحلل. وفى

المقابل فإن زيادة النيتروجين كثيرًا يسمح بالتكاثر الميكروبى السريع، ومن ثم سرعة التحلل، إلا أن ذلك قد يترتب عليه ظهور روائح كريهة نتيجة الاستهلاك السريع للأكسجين وحدوث تنفس ونشاط ميكروبى لاهوائى. وبالإضافة إلى ذلك فإن جزءًا من النيتروجين الزائد ينطلق فى الهواء على صورة غاز الأمونيا الذى يشكل جزءًا من تلك الروائح الكريهة، فضلاً عما يعنيه ذلك من فقد فى النيتروجين؛ ولذا .. يجب تداول المخلفات الغنية بالنيتروجين — مثل المخلفات الخضراء الغضة — بحرص شديد، مع خلطها بمخلفات أخرى غنية بالكربون. وأفضل نسبة يمكن البدء بها للكربون إلى النيتروجين هى ٣٠:١ بالوزن، حيث تكون الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل المادة العضوية فى أوج نشاطها.

وتتباين نسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N ratio) فى مختلف المواد العضوية التى يمكن أن يحضر منها الكمبوست، كما يلى:

المادة	نسبة الكربون إلى النيتروجين
مخلفات الثمار فى مصانع الأغذية	٣٥ : ١
الأوراق الجافة	٤٠–٦٠ : ١
مخلفات قصب السكر	٥٠ : ١
حطب الذرة	٦٠ : ١
القش	٤٠–١٠٠ : ١
الورق	١٧٠ : ١
نشارة الخشب	٥٠٠ : ١
الخشب	٧٠٠ : ١
قلف الأشجار	١٢٠ : ١
سبلة الماشية	٢٠ : ١
الأوراق الصغيرة النامية	٢٠ : ١
سبلة الخيل	٢٥ : ١

المادة	نسبة الكربون إلى النيتروجين
النموات الخضرية البقولية	١٥ : ١
سبلة الدواجن	١٠ : ١
مخلفات الخضر والفاكهة فى مصانع الأغذية	١٢–٣٥ : ١

تعرف المواد الغنية بالكربون باسم browns، بينما تعرف تلك الغنية بالنيتروجين (التى ينخفض فيها نسبة الكربون إلى النيتروجين) باسم greens، حتى وإن لم تكن ورقية خضراء مثل سبلة الدواجن.

يتعين تحديد نسبة الكربون إلى النيتروجين (C/N) فى مخلوط المواد الداخلة فى عمل المكمورة، علمًا بأن النباتات الخضراء تنخفض فيها تلك النسبة، بينما تزداد النسبة فى المكونات الجافة. وإذا ما كان المخلوط شديد الانخفاض فى النيتروجين فإن حرارته لا ترتفع، بينما يمكن أن ترتفع الحرارة إلى درجة قاتلة للكائنات الدقيقة إذا كان المخلوط شديد الارتفاع فى محتواه من النيتروجين، وقد تصبح بيئة الكمر لاهوائية جراء استهلاك الأكسجين فى النشاط الميكروبى؛ مما يؤدى إلى ظهور روائح كريهة. وأفضل نسبة كربون إلى نيتروجين يمكن البدء بها هى ٣٠ : ١، علمًا بأن هذه النسبة تنخفض – تدريجيًا – أثناء الكمر مع تحول جانب من الكربون إلى ثانى أكسيد كربون (مع افتراض بقاء الفقد النيتروجينى فى حدود منخفضة) إلى أن تصل النسبة إلى ١٠ : ١ فى المنتج النهائى.

وإذا عُلِمَ محتوى النيتروجين فى أحد مكونات المكمورة، ولكن لم يُعلم محتوى الكربون أو نسبة الكربون إلى النيتروجين، فإنه يمكن تقدير نسبة الكربون إذا علم محتوى المواد الصلبة القابلة للتطاير volatile solids content، وهى المكونات (غالبيتها كربون وأكسجين ونيتروجين) التى تحترق وتتبخر من العينة الجافة عند تعريضها لحرارة ٥٠٠–٦٠٠°م، حيث لا يتبقى من العينة سوى الرماد (الذى تكون غالبيته من الكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور والبوتاسيوم وعناصر معدنية أخرى لا تتأكسد). ونجد فى معظم المواد العضوية

أن نسبة الكربون تتراوح بين ٤٥٪، و ٦٠٪ من محتوى المواد الصلبة القابلة للتطاير، بمتوسط قدره حوالى ٥٥٪ (Richard — Cornell composting — ٢٠١٠ — الإنترنت).

ولأجل التوصل إلى نسبة الكربون إلى النيتروجين التى يُرغب فى البدء بها، تتبع الخطوات التالية:

١- يتعرف على نسبة الكربون إلى النيتروجين من الجداول التى تعرض تلك المعلومة للمواد الداخلة فى تكوين المكمورة.

٢- يتم تحديد نسبتا النيتروجين والرطوبة فى كل مادة بالتحليل المعملى.

٣- تحسب نسبة الكربون فى كل مادة من المعادلة التالية:

نسبة الكربون = نسبة النيتروجين الفعلية بالمادة × نسبة الكربون إلى النيتروجين فيها

٤- تُحسب نسبة الكربون إلى النيتروجين فى مخلوط مكونات المكمورة حسب المعادلة التالية:

نسبة الكربون إلى النيتروجين = [كمية المكون الأول بالوزن (نسبة الكربون فى المكون الأول × (١٠٠–نسبة الرطوبة فى المكون الأول)] + [كمية المكون الثانى بالوزن (نسبة الكربون فى المكون الثانى × (١٠٠– نسبة الرطوبة فى المكون الثانى)] + ... إلخ/[كمية المكون الأول بالوزن (نسبة النيتروجين فى المكون الأول × (١٠٠ — نسبة الرطوبة فى المكون الأول)] + [كمية المكون الثانى بالوزن (نسبة النيتروجين فى المكون الثانى × (١٠٠ — نسبة الرطوبة فى المكون الثانى)] + ... إلخ.

وإذا تكون المخلوط من مادتين — وليكونا مخلفات نباتية خضراء وقش — فإنه يمكن تحديد الكمية التى يتعين استعمالها من القش فى المخلوط للحصول على نسبة الكربون إلى النيتروجين المرغوب فيها لبدء الكمر إذا علمت نسب الكربون والنيتروجين والمحتوى الرطوبى للمادتين، والكمية المتوفرة من المخلفات الخضراء، وذلك حسب المعادلة التالية:

الكمية المطلوبة من القش = {الكمية المستعملة من المخلفات الخضراء × نسبة النيتروجين فى المخلفات الخضراء × [نسبة الكربون إلى النيتروجين فى المخلفات الخضراء

– (نسبة الكربون في المخلفات الخضراء/نسبة النيتروجين في المخلفات الخضراء)] × (١٠٠ – نسبة الرطوبة في المخلفات الخضراء)}/{نسبة النيتروجين في القش × [(نسبة الكربون في القش/نسبة النيتروجين في القش) – نسبة الكربون إلى النيتروجين في القش] × (١٠٠ – نسبة الرطوبة في القش)}.

وطبيعي أنه يمكن تطبيق هذه المعادلة على أي مكونين للمكمورة (Richard & Trautmann– Cornell Composting – الإنترنت – ٢٠١٠).

وفيما يلي تكرارًا – بالإنجليزية – لمعادلات التوصل إلى نسبة الكربون إلى النيتروجين المرغوب فيها في مخلوط المكمورة (R).

● المعادلة الأساسية لحساب نسبة الكربون إلى النيتروجين في مكونات المكمورة:

$$R = [Q_1(C_1 \times (100\text{-}M_1) + Q_2(C_2 \times (100\text{-}M_2) + Q_3(C_3 \times (100\text{-}M_3) + \ldots] / [Q_1(N_1 \times (100\text{-}M_1) + Q_2(N_2 \times (100\text{-}M_2) + Q_3 (N_3 \times (100 - M_3) + \ldots]$$

● ولتحديد كمية مادة من مادتين للوصول إلى نسبة الكربون إلى النيتروجين المرغوبة:

$$Q_3 = \{Q_1 \times N_1 X [R\text{-} (C_1/N_1)] \times (100 - M_1)\} / N_2[(C_2/N_2) - R)] \times (100 - M_2)$$

● ولتحديد كمية مادة من ثلاث مواد للوصول إلى نسبة الكربون إلى النيتروجين المرغوبة.

$$Q_3 = RQ_1N_1(100\text{-}M_1) + RQ_2N_2(100\text{-}M_2) - Q_1C(100\text{-}M_1) - Q_2C_2(100\text{-}M_2) / Q_3(100\text{-}M_3) - RN_3 (100 - M_3)$$

حيث إن:

R: نسبة الكربون إلى النيتروجين المرغوب فيها في مخلوط المكمورة.

Q: الكميات الفعلية الرطبة الطازجة من مختلف المكونات 1، 2، 3 ... إلخ.

M: النسبة المئوية للرطوبة في مختلف المكونات 1، 2، 3 ... إلخ.

C: النسبة المئوية للكربون في مختلف المكونات 1، 2، 3 ... إلخ.

N: النسبة المئوية للنيتروجين في مختلف المكونات 1، 2، 3 ... إلخ.

يجب الحرص عند تعديل نسبة الكربون إلى النيتروجين فى مكونات المكمورة بإضافة النيتروجين المعدنى؛ ذلك لأن الكائنات الدقيقة تستهلكه سريعًا، على خلاف النيتروجين المتوفر فى المخلفات العضوية والذى يكون أبطأ تيسرًا، والذى يضاف طبقًا للمعادلات التى أسلفنا بيانها. إن توفر النيتروجين من المصادر العضوية يكون تبعًا لمعدل وتكاثر الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل مكونات الكمبوست، وبذا .. فإنها تكون أكثر كفاءة فى إمداد الكائنات الدقيقة بحاجتها من النيتروجين عن الأسمدة المعدنية. وتزداد مشكلة استخدام الأسمدة المعدنية فى الجو البارد، حينما ينخفض كثيرًا نشاط الكائنات الدقيقة وتقل — تبعًا لذلك — حاجتها للنيتروجين. وللتغلب على تلك المشكلة — ولو جزئيًّا — يوصى بأن تكون إضافة النيتروجين المعدنى بكميات بسيطة على عدة دفعات. ويستدل من وجود رائحة الأمونيا فى الكمبوست أثناء تحلله على زيادة جرعات النيتروجين المضافة عن قدرة الكائنات الدقيقة على تثبيته فى صورة مركبات يصعب تحللها سريعًا. وعمومًا .. فإن إضافات النيتروجين المعدنى تكون فى حدود $\frac{1}{2}$ إلى $\frac{2}{3}$ الكمية التى يستدل عليها من المعادلات، وهى التى تكون خاصة بالمصادر العضوية للنيتروجين.

المكونات الكربونية البوليمرية وأهميتها

تتكون الجدر الخلوية النباتية من ثلاثة مكونات، هى: السيليلوز، واللجنين، ونصف السيليلوز hemicellulose. ويعد اللجنين — خاصة — صعب التحلل، كما أنه يقلل التيسر البيولوجى للمكونات الخلوية الأخرى بالنسبة للكائنات الدقيقة التى تحللها.

إن السيليلوز عبارة عن سلسلة طويلة من جزيئات الجلوكوز التى ترتبط معًا برابطة β(1-4) جلوكوسيدية. ونظرًا لبساطة تركيب السيليلوز فإنه يتحلل بفعل عدد قليل من الإنزيمات. وعلى الرغم من عدم قدرة الإنسان على تحليل السيليلوز، فإن بعض الكائنات الدقيقة يمكنها ذلك. وتوفر الماشية وغيرها من المجترات بيئة مناسبة فى جهازها الهضمى لبقاء ونشاط تلك الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل السيليلوز وتحويله إلى أحماض دهنية ونمو ميكروبى، حيث يمكن لمعدة الحيوان أن تهضم تلك الميكروبات ذاتها وتستفيد منها.

أما نصف السيليلوز فهو بوليمر متفرع يتكون من كل من: الزيلوز xylose، والأرابينوز arabinose، والجالاكتوز galactose، والمانّوز mannose، والجلوكوز glucose. يقوم النصف سيليلوز بلصق حزم من لُييفات السيليلوز cellulose fibrils معًا، لتكوين ميكرولُييفات microfibrils تُسهم في ثبات الجدر الخلوية. كذلك يرتبط النصف سيليلوز مع اللجنين؛ لتكوين شبكة معقدة تضيف إلى متانة الجدر الخلوية، وتكون مقاومة للتحلل الميكروبى.

وأما اللجنين فهو بوليمر معقد من وحدات الفينيل بروبين phenyl propane يرتبط بعضه ببعض بعدة أنواع من الروابط الكيميائية. وبسبب ذلك التعقيد فإن التركيب المفصل للجنين لم يمكن التعرف عليه، فضلاً عن مقاومته الشديدة للتحلل الميكروبى. هذا .. إلاّ أن بعض الكائنات الدقيقة — وخاصة بعض الفطريات — تتوفر لديها الإنزيمات التى يمكنها تكسير جزيئات اللجنين إلى أجزاء. وتتحقق التفاعلات الأولى بواسطة إنزيمات معينة (extracellular lignin and manganese peroxidases) تفرزها فطريات العفن الأبيض. كذلك يمكن للأكيتنوميسيتات تحليل اللجنين، ولكنها لا تحلل سوى أقل من ٢٠٪ من كمية اللجنين الكلية المعرضة للتحلل. ولا يتم ذلك التحلل إلاّ فى الظروف الهوائية، أما فى الظروف اللاهوائية فإن اللجنين يقاوم التحلل لفترات طويلة جدًّا.

وتعنى صعوبة تحلل اللجنين أن زيادة نسبته فى المواد العضوية المكونة للمكمورة يُضعف من تيسر المادة العضوية للتحلل، فضلاً عن أنه قد يشكل حاجزًا فيزيائيًّا حول المادة العضوية الأخرى؛ مما يقلل من فرصة وصول الكائنات الدقيقة المحللة لها إليها (Cornell Composting-Richard — ٢٠١٠ — الإنترنت)

رطوبة المكمورة

يقل معدل التحلل كثيرًا عندما تنخفض رطوبة المكمورة عن ٣٥٪–٤٠٪، ويتوقف التحلل تمامًا عند رطوبة تقل عن ٣٠٪. وفى المقابل، فإن زيادة الرطوبة كثيرًا تعد أحد العوامل الرئيسية المسئولة عن التنفس اللاهوائى وتكوين الروائح الكريهة. ويتباين الحد

الأقصى للرطوبة الممكن باختلاف مكونات الكمورة، ويتأثر بكل من حجم جزيئات المكمورة وبنائها، وهما الصفتان المؤثرتان في مسامية المكمورة. وفي معظم المكامير يتراوح الحد الأقصى المناسب للرطوبة بين ٥٥٪، و ٦٠٪. ونظرًا لأن عملية الكمر تعمل على جفاف مكونات المكمورة (بسبب التبخير الناشئ عن الحرارة العالية التي تُحدثها الكائنات الدقيقة أثناء نشاطها)، فإنه يفضل أن تبدأ عملية الكمر بالحد الرطوبي الأعلى.

يلزم لكي يبدأ المخلوط المستعمل في عمل المكمورة بنسبة الرطوبة المناسبة اتباع الخطوات التالية:

١- حساب النسبة المئوية للرطوبة في كل مكون من المكونات التي يرغب في إدخالها في المكمورة، علمًا بأن: نسبة الرطوبة = [(الوزن الرطب لعينة من أحد المكونات – الوزن الجاف للعينة بعد تجفيفها على ١٠٥-١١٠°م لمدة ٢٤ ساعة)/ الوزن الرطب] × ١٠٠.

٢- تحديد النسبة المئوية للرطوبة التي يُرغب في البدء بها.

٣- حساب الكميات النسبية من المواد التي يُرغب في إدخالها في المكمورة، والتي تتحقق بها النسبة المئوية المرغوبة للرطوبة في المخلوط، والتي تقدر كما يلي:

النسبة المئوية المرغوبة = [الكمية من المكون أ × نسبة محتواه الرطوبي) + (الكمية من المكون ب × نسبة محتواه الرطوبي) + (الكمية من أي مكون آخر × نسبة محتواه الرطوبي) ... إلخ]/ كمية المكون أ + كمية المكون ب + كمية أي مكون آخر ... إلخ.

ويمكن بالتعديل في الكميات النسبية للمكونات التي يُعلم محتواها لرطوبي الوصول إلى النسبة المئوية للرطوبة المرغوب فيها في المخلوط.

يسهل تطبيق تلك المعادلة عندما يُرغب في تحديد كمية القش أو الحطب أو نشارة الخشب أو الأوراق الجافة أو غيرها من المكونات القليلة الرطوبة التي تلزم إضافتها لأجل خفض المحتوى الرطوبي إلى المستوى المرغوب في خليط مع مواد عالية الرطوبة كالنموات النباتية الخضراء أو السبلة الحيوانية الطازجة. ويمكن دائمًا تحديد كميات المواد عالية

الرطوبة – كل على انفراد – قبل استخدام المعادلة فى تحديد كمية المادة قليلة الرطوبة التى يتعين خلطها معها (Cornell Composting – Trautmann & Richard – ٢٠١٠– الإنترنت).

وفيما يلى معادلات التوصل إلى الرطوبة المرغوب فيها فى مخلوط المكمورة (G)

- المعادلة الأساسية (التى أسلفنا بيانها بالعربية) لتحديد نسبة الرطوبة فى المخلوط:

$$G = (Q_1 \times M_1) + (Q_2 \times M_2) + (Q_3 \times M_3) + \ldots / Q_1 + Q_2 + Q_3 + \ldots$$

- ولتحديد كمية مادة من مادتين للوصول إلى الرطوبة المرغوبة :

$$Q_2 = [(Q_1 \times G) - (Q_1 \times M_1)] / M_2 - G$$

- ولتحديد كمية مادة من ثلاث مواد للوصول إلى الرطوبة المرغوبة :

$$Q_3 = [(G \times Q_1) + (G \times Q_2) - (M_1 \times Q_1) - (M_2 \times Q_2)] / M_3 - G$$

حيث إن :

G: الرطوبة المرغوب فيها فى مخلوط المكمورة.

Q: الكميات الفعلية الرطبة الطازجة من مختلف المكونات 1، 2، 3 ... إلخ.

M: النسبة المئوية للرطوبة فى مختلف المكونات 1، 2، 3 ... إلخ.

مشاكل الكمر والحلول المقترحة لها

من بين مشاكل الكمر والحلول المقترحة لها، ما يلى:

العَرَضْ	المشكلة	الحل
● وجود روائح كريهة	عدم توفر الهواء بالقدر الكافى	قلب الكومة، مع إضافة مواد عضوية جافة إن كانت رطوبة الكومة زائدة
● جفاف مركز الكومة	عدم تزويد الكومة بالقدر الكافى من الرطوبة	ترطيب الكومة وقلبها

العَرَضُ	المشكلة	الحل
● مركز الكومة – فقط – هو الذى يدفأ قليلاً	صغر حجم الكومة	إضافة مادة عضوية جديدة للكومة وخلطها بها
● جودة مظهر الكومة وجودة رائحتها، ولكن حرارتها تبقى غير عالية	نقص النيتروجين	إضافة مصدر عضوى للنيتروجين، مثل المواد العشبية الغضة والسبلة

الروائح الكريهة للمكمورة: أسبابها ووسائل تجنبها

قد يبدأ ظهور الروائح فى مكونات المكمورة حتى قبل تجهيز المكمورة، وذلك عندما تكون تلك المكونات قد خزنت فى ظروف لاهوائية لمدة أسبوع أو أكثر قبل نقلها للموقع. وما أن تخلط مكونات المكمورة معًا، فإن مشاكل الروائح الكريهة التى قد تظهر تكون نتيجة لنقص الأكسجين داخل المكمورة. يتولد عن الظروف اللاهوائية إنتاج مدى واسع من المركبات. وتعد المركبات الكبريتية المختزلة أشدها إسهامًا فى الروائح الكريهة، ومن أمثلتها:

- dimethyl sulfide
- hydrogen sulfide
- methanethiol
- dimethyl disulfide

وكذلك مركبات الأحماض الدهنية المتطايرة، والمركبات الأخرى المتطايرة والأمينات. وتعد الأمونيا أكثر المركبات شيوعًا، ولكنها يمكن أن تُنتج فى كل من الظروف الهوائية واللاهوائية.

ولا علاج لمشكلة الروائح – سواء أكانت من المواد الأولية الواصلة للموقع، أم من المكمورة أثناء عملية الكمر – سوى بالتقليب، وخلط المكونات الدقيقة بأخرى ذات جزيئات أكبر، وتوفير كافة الظروف التى تسمح بحرية نفاذ الهواء إلى داخل كومة المكمورة.

وتجدر الإشارة إلى أن الغازات ذات الروائح الكريهة التى تنبعث من مركز المكمورة –

حيث تسود فيها ظروف لاهوائية — قد تتعرض للتأكسد البيولوجى أثناء مرورها على الأجزاء الخارجية من المكمورة — التى تسود فيها ظروف هوائية — وذلك بفعل بعض الكائنات الدقيقة المتواجدة فيها، وهى العملية التى تعرف باسم "الترشيح البيولوجى فى المكان" in situ biofilteration. هذا .. علمًا بأن الإكثار من تقليب كومة المكمورة يحد كثيرًا من كفاءة عملية الترشيح البيولوجى.

تظهر رائحة الأمونيا فى كل من الظروف الهوائية واللاهوائية، وذلك عندما يتوفر النيتروجين بتركيزات عالية. تتميز الأمونيا بأن كثافتها منخفضة (تبلغ حوالى ٦٠٪ من كثافة الهواء)؛ ولذا .. فهى تتسرب إلى أعلى سريعًا ولا تتجمع فى الأماكن المنخفضة كما يحدث بالنسبة للغازات الكبريتية.

ومن بين العوامل المؤثرة فى تطاير الأمونيا الرقم الأيدروجينى؛ فالأمونيا الغازية NH_3، وأيون الأمونيوم NH_4^+ يكونا فى حالة توازن عند pH = ٩,٠، وبارتفاع الـ pH عن ذلك يتحول أيون الأمونيا إلى أمونيا غازية تتسرب إلى الهواء الخارجى. وعلى العكس من ذلك فإنه بانخفاض الـ pH عن ٩,٠ يزداد أيون الأمونيوم على حساب الأمونيا الغازية التى ينخفض تركيزها إلى الصفر عند pH حوالى ٧,٥.

ومن أهم العوامل التى تؤدى إلى تكوين الروائح التى تنتج فى الظروف اللاهوائية، هى ما يلى:

١- الرطوبة الزائدة بالمكمورة.

٢- ضعف مسامية المكمورة.

٣- تواجد مكونات شديدة القابلية للتحلل بالمكمورة.

٤- زيادة حجم كومة المكمورة عما ينبغى.

إن جميع هذه العوامل تجعل من الصعوبة أن ينفذ الأكسجين خلال الكومة قبل استنفاذه، أو أنها تسمح بنفاذ الهواء خلال أقل المنافذ مقاومة حول أجزاء كبيرة تكون فيها الظروف لاهوائية.

هذا ويتحرك الأكسجين خلال الكومة بفعل ظاهرة الانتشار diffusion (من الأجزاء التى يزداد فيها تركيزه حتى ٢١٪ - كما فى الهواء - إلى الأجزاء التى يقل فيها تركيزه كثيرًا فى مركز الكومة)، والحمل convection مع التهوية السلبية.

إن الرطوبة الزائدة تُسرع من تكوين الظروف اللاهوائية لسببين، هما:

١- تُعد جزيئات الكمبوست محبة للرطوبة hydropillic حيث تدمص جزيئات الماء وتجذبها إليها بقوة، وتزداد سمك طبقة الماء التى تحيط بها بزيادة الرطوبة؛ بما يعنى صعوبة نفاذ الأكسجين إلى وسط جزيئات الكمبوست؛ نظرًا لبطء نفاذ الأكسجين خلال الماء مقارنة بنفاذه خلال الهواء.

٢- تمتلئ المسافات البينية (وهى المسام التى توجد بين جزيئات مكونات المكمورة) بالماء بفعل الخاصية الشعرية؛ مما يبطئ من انتشار الهواء وسرعة تكوين الظروف اللاهوائية.

خصائص الكمبوست ومكوناته

تتباين نتائج تحليل الكمبوست حسب المكونات الأولية التى تدخل فى تكوينه وظروف الكمر، كما يلى:

الخاصية	مدى التحلل
اللون	بنى داكن إلى أسود
القوام	إسفنجى
السعة التشبعية بالماء	١٣٥٪-٣٠٠٪
وزن المتر المكعب الجاف	٤٤-٦٢٥ كجم
وزن المتر المكعب الرطب	٥٧٥-٧٧٥ كجم
الرطوبة	٢٠٪-٣٠٪
الـpH (١:١٠)	٦,٦-٨,٢
الـEC (١:١٠)	١,٦-٧,٥ ديسى سيمنز/م

الخاصية	مدى التحلل
النيتروجين الكلى	١,٢٪–٢,٥٪
النيتروجين الأمونيومى	٢٥٠–٦٠٠ جزء فى المليون
النيتروجين النتراتى	٢١–٣١٥ جزء فى المليون
المادة العضوية	٣٣٪–٧٥٪
الكربون العضوى	١٩٪–٣٤٪
الدبال كنسبة مئوية من المادة الصلبة	٨,٨٪
الدبال كنسبة مئوية من المادة العضوية	٢٢,٧٪
الرماد	٢٥٪–٦٥٪
نسبة الكربون إلى النيتروجين	١:١٥ إلى ١:٢١
الفوسفور الكلى	٠,٣٥٪–١,٥٪
البوتاسيوم الكلى	٠,٦٪–٣,٤٪
الكالسيوم	٣٨٥ جزء فى المليون
الحديد	٦٣٠–١٩٦٠ جزء فى المليون
المنجنيز	٣٠–٣٧٠ جزء فى المليون
النحاس	٣–٢٠٠ جزء فى المليون
الزنك	١٤–٣٨٠ جزء فى المليون

هذا .. إلا أن تحليل الكمبوست وخصائصه تختلف – أيضًا – باختلاف مدة تحلل المكمورة، كما يتبين من جدول (٢–١).

الفيرميكمبوست

إن الـ vermicomposting هى العملية التى تتحلل فيها أو تكمر المادة العضوية بواسطة الديدان الأرضية، وفيها يكون الكمر أسرع كثيرًا وأسهل عما فى الكمر العادى، ويرجع ذلك إلى أن الديدان يمكنها هضم وزنها من المادة العضوية يوميًا، وتنتج منتجًا يطلق عليه

فيوميكمبوست vermicompost يكون أغنى وأعلى فى محتواه من العناصر المغذية عما يكون عليه الحال فى الكمبوست التقليدى.

جدول (٢-١): خصائص المكمورة (٢ سبلة ماشية: ١ قش قمح بالحجم) الطازجة (التى لم تكمر بعد) والحديثة الكمر (بعمر ٧٤ يوم)، والتى وصلت إلى مرحلة الثبات (بعمر ١١١ يوم) (عن Raviv ٢٠٠٥).

الخاصية	فئة الكمبوست		
	طازج	حديث	قديم (ناضج)
عمر الكمبوست (يوم)	صفر	٧٤	١١١
المادة العضوية (٪)	٧٤,٨	٥٥,٧	٥٣,٣
النيتروجين (٪)	١,٦٧	٢,١٧	٢,٣٩
الفوسفور (٪)	٠,٥٢	٠,٧٩	٠,٧٤
البوتاسيوم (٪)	١,٣١	١,٧٩	٢,١١
الـ pH (١:١٠ مستخلص مائى)	٧,٦	٧,٥	٦,٨
التوصيل الكهربائى (ديسى سيمنز/م)	٤,٠٢	٥,٧٦	٧,٧٤
النيتروجين النتراتى (mmol/l)	٠,٠١	٠,٣	١٦٤,٤
النيتروجين الأمونيومى (mmol/l)	٠,٩	١٤,٩	١٩,٥
النيتروجين العضوى الذائب(جزء فى المليون)	١٤٢,٩	٩٨,٧	٨١,٥
نسبة الكربون إلى النيتروجين	١:٢٦	١:١٥	١:١٣
الاحتياجات البيولوجية للأكسجين (جم لكل كجم/يوم)	١٦,١	٩,٣	٤,٧

يعرف الفيرميكمبوست – كذلك – باسم مخرجات الديدان worm castings، ودبال الديدان worm humus، وسبلة الديدان worm manure، وجميعها تعنى المنتج النهائى لتحلل المادة العضوية بواسطة بعض أنواع الديدان الأرضية.

وأكبر أنواع الديدان الأرضية استعمالاً لهذا الغرض، هى:

- Red wigglers (*Eisenia foetida* or *E. andrei*).

- European nightcrawlers (*E. hortensis*)
- Blueworms (*Perionyx excavatus*).

والنوع الأخير هو الأكثر شيوعًا في المناطق الاستوائية. وتتواجد جميع الأنواع — حسب توزيعها الجغرافي — في الأراضي الخصبة الغنية بالمادة العضوية، حيث تعيش على تلك المادة العضوية.

يُنتج الفيرميكمبوست تجاريًا في كندا وإيطاليا واليابان والفلبين والولايات المتحدة، حيث تتوفر فيها المعامل التي تقوم بتربية الديدان، كما يمكن تجميع الديدان اللازمة من الأراضي الخصبة وأكوام السبلة.

وقد استخدم المستخلص المائي للفيرميكمبوست في مكافحة بعض الآفات. حُضِّر المستخلص المائي بخلط الكمبوست مع الماء بنسبة ١:٥ بالحجم، فكان المستخلص ٢٠٪ محلول مائي. ودرس بعد ذلك تأثير سقي التربة بتخفيفات ٢٠٪، و ١٠٪، و ٥٪ من مستخلص الفيرميكومبوست عند إنبات البذور، ثم أسبوعيًا بعد ذلك — على إصابة الطماطم والخيار بكل من منّ الخوخ الأخضر *Myzus persicae*، وخنفساء الموالح المغبرة *Planococcus citri*، والعنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae*. ولقد وجد أن جميع معاملات المستخلص المائي للفيرميكومبوست ثبطت جوهريًا الإصابة بالآفات الثلاث، وثبطت معدل تكاثرها، كما أدت — عند استعمال أعلى تركيز — إلى موت الآفات المتواجدة بالفعل على النباتات بعد ١٤ يومًا من المعاملة. وبصورة عامة .. تناسب معدل التثبيط طرديًا مع تركيز المستخلص المائي المستعمل. وربما حدث التثبيط بسبب المركبات الفينولية الذائبة الكبيرة التي تتواجد في الكمبوست، والتي يعتقد بامتصاص النباتات لها، وهي مواد تعرف بكونها غير جذابة للآفات، فضلاً عن تأثيرها السلبي على معدل تكاثر الآفات وبقائها (Edwards وآخرون ٢٠١٠).

كما وجد أن الفيرميكمبوست يمكن استعماله كحامل لبكتيريا الأسمدة الحيوية *Azotobacter chrococcum*، و *Bacillus megaterium*، و *Rhizobium leguminosarum*،

حيث احتفظت فيه بحيويتها لمدة وصلت إلى عشرة شهور، الأمر الذى لم يحدث عندما استعمل اللجنيت lignite كمادة حاملة (Sekar & Karmegam ٢٠١٠).

الفصل الثالث

التسميد

تقوم إدارة خصوبة التربة فى الزراعة العضوية على فلسفة "غذِ التربة لتغذى النبات". ويتم تحقيق ذلك المبدأ من خلال سلسلة من الممارسات التى تُخطط لأجل زيادة كل من: محتوى التربة من المادة العضوية، ونشاطها البيولوجى، وتيسر العناصر منها.

ويعتمد تسميد الزراعات العضوية – كلية – على الأسمدة الطبيعية – العضوية منها وغير العضوية – شريطة ألاّ يكون قد اتبعت فى تجهيزها عمليات تتعارض مع مبادئ الزراعة العضوية.

ويعد التسميد العضوى هو الأساس فى الزراعات العضوية؛ ولذا .. فإننا نتناوله بشئ من التفصيل.

الأسمدة ومحسنات التربة المصرح باستخدامها

يمكن استخدام المواد التالية كأسمدة ومحسنات للتربة فى الزراعات العضوية (جميع المواد المعلمة بـ * يتعين موافقة جهة التصديق على الحاجة إليها):

- سبلة الماشية والدواجن*: يتعين الحصول على موافقة جهة التصديق إن لم يُحصل على السبلة من مزارع عضوية. ولا يُسمح بالحصول عليها من المزارع "الصناعية" التى تعتمد بشدة على مغذيات ومدخلات بيطرية لا يسمح بها فى الزراعة العضوية. ويلزم تحديد نوع الحيوان الذى تستخدم مخلفاته.
- المخلفات الحيوانية الممزوجة بالماء slurry والبول*: يتعين الحصول على موافقة جهة التصديق إن لم يُحصل عليها من مزارع عضوية. ويفضل أن يكون استعمالها بعد خضوعها لتخمر متحكم فيه، وتخفيف مناسب. كذلك لا يسمح بالحصول عليها من المزارع "الصناعية" التى تعتمد بشدة على مغذيات ومدخلات بيطرية لا يُسمح بها فى الزراعة العضوية. ويلزم تحديد نوع الحيوان الذى تستخدم مخلفاته.

● مخلفات حيوانية ومخلفات دواجن على صورة كمبوست* : يلزم تحديد نوع الحيوان الذى تستخدم مخلفاته.

● سبلة حيوانات مزرعية جافة وسبلة دواجن مجففة* : لا يسمح بالحصول عليها من المزارع "الصناعية" التى تعتمد بشدة على مغذيات ومدخلات بيطرية لا يسمح بها فى الزراعة العضوية. ويلزم تحديد نوع الحيوان الذى تستخدم مخلفاته.

● مخلفات المنازل المكمورة، على ألا تحتوى سوى على المخلفات النباتية والحيوانية، وعلى ألاّ تزيد فيها نسبة العناصر الثقيلة عن حدود معينة بالجزء فى المليون، هى: ٠,٧ للكادميم، و ٢٥ للنيكل، و ٤٥ للرصاص، و ٠,٤ للزئبق، وصفر للكروميوم (VI)، وعلى ألاّ تزيد نسبة النحاس عن ٧٠، والزنك عن ٢٠٠ جزء فى المليون.

● كمبوست المخلفات النباتية.

● مخلفات بيئات زراعة عيش الغراب، على ألاّ تحتوى تلك البيئات – ابتداءً – على أى مكونات تخرج عما فى هذه القائمة.

● زرق الطيور البحرية (الجوانو)* guano.

● القش.

● البرليت perlite، والبنتونيت bentonite، والزيوليت zeolite، وغيرهم من أنواع الطين.

● الفيرميكيوليت vermiculite.

● المنتجات ذات الأصل الحيوانى*، مثل: الدم المجفف، ومسحوق الحوافر والقرون والعظم، والفحم الحيوانى animal charcoal، ومسحوق السمك، ومسحوق اللحم، ومسحوق الريش والشعر، والصوف، والفراء، والشعر، ومنتجات الألبان.

● المنتجات الجانبية للصناعات القائمة على المنتجات العضوية*.

● المنتجات ذات الأصل النباتى، مثل مخلفات صناعة الزيوت (مثل نواتج عصير البذور والثمار)، وقشور الكاكاو، ومخلفات المولت malt، ومخلفات صناعة النسيج ... إلخ، ويشترط عدم سبق المعاملة بمواد مخلقة.

- المنتجات الجانبية لصناعة السكر*، مثل الفيناز vinase.
- الأعشاب البحرية ومنتجاتها، على أن يكون قد حُصل عليها بأى من الوسائل التالية:

١- العمليات الفيزيائية، مثل التجفيف، والتجميد، والطحن.

٢- الاستخلاص بالماء أو بالسوائل الحامضية أو القلوية.

٣- التخمر.

- نشارة ورقائق الخشب، وقلف الأشجار*، على ألا يكون الخشب قد تمت معاملته كيميائيًا.
- كمبوست لحاء الأشجار، على ألا يكون الخشب قد تمت معاملته كيميائيًا.
- رماد الخشب*، على ألا يكون الخشب قد تمت معاملته كيميائيًا.
- صخر الفوسفات الطبيعي*: يجب ألا يزيد تركيز الكادميم فيه عن ٩٠ مجم/كجم من الـ P_2O_5.
- خَبَث المعادن basic slag*.
- صخر البوتاس — أملاح البوتاسيوم المستخرجة من مناجمها الطبيعية (مثل الـ kainite، والـ sylvinite): يجب أن يقل محتواها من الكلورين عن ٦٠٪.
- كبريتات البوتاسيوم* (مثلاً .. patenkali): يُحصل عليها بطرق فيزيائية على ألا تكون قد تعرضت لعمليات كيميائية بهدف زيادة قدرتها على الذوبان.
- كربونات الكالسيوم من مصادر طبيعية (مثل الطباشير chalk والمرْل marl — وهو الطين الغنى بكربونات الكالسيوم — والـ maerl والحجر الجيرى limestone والطباشير الفوسفاتى phosphate chalk).
- كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم ذات الأصل الطبيعي، مثل: الطباشير المغنيسيومى، ومسحوق الحجر الجيرى المغنيسيومى.
- كبريتات المغنيسيوم، مثل: الكزيريت keserite.
- محلول كلوريد الكالسيوم للرش الورقى.

- كلوريد الصوديوم (المستخرج من المحاجر فقط).
- فوسفات الكالسيوم والألمونيوم: يجب ألا تزيد فيه نسبة الكادميم عن ٩٠ مجم/كجم من الـ P_2O_5.
- العناصر الدقيقة*.
- الكبريت* (زهر الكبريت).
- مسحوق الأحجار.
- الكائنات التى تتواجد طبيعيًا مثل الديدان.
- الفيرميكمبوست vermicompost.
- البيت: يشترط خلو البيت من الإضافات المخلقة. ويسمح به كمهاد لزراعة البذور وفى مخاليط الزراعة، لكن لا يُسمح به فى الاستعمالات الأخرى إلا بعد موافقة جهة التصديق على ذلك.
- الدبال المتحصل عليه من الديدان الأرضية والحشرات.

السيليكات المائية (الزيوليتات zeolites).

- فحم الخشب.
- كلوريد الجير*.
- مخلفات الإنسان*: يُفضل — إن أمكن — أن تكون مهواة أو متحللة. لا يجوز استعمالها مع المحاصيل التى تزرع لأجل الاستهلاك الآدمى (عن CAC ٢٠٠١، و UKROFS ٢٠٠٣).

ويبين جدول (٣-١) محتوى النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم لبعض الأسمدة العضوية وغير العضوية المصرح باستخدامها فى الزراعات العضوية.

جدول (٣–١): محتوى المواد المستخدمة فى الإنتاج العضوى من كل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم (٪) (عن Boyhan وآخرين ١٩٩٩، و Harris وآخرين ٢٠٠٧).

المادة	N	P_2O_5	K_2O	التيسر
مسحوق العظام الخام	٢–٦	١٥–٢٧	صفر	بطئ
مسحوق العظام المعامل بالبخار	٠,٧–٤,٠	١٨–٣٤	صفر	بطئ إلى متوسط
كسب بذرة الخروع	٥	١,٨	١	بطئ
مسحوق قشرة الكاكاو	٢,٥	١,٠	٢,٥	بطئ
الكمبوست	١,٥–٣,٥	٠,٥–١,٠	١–٢	بطئ
كسب بذرة القطن	٦	٢,٥	١,٧	بطئ إلى متوسط
الدم المجفف	١٢	١,٥	٠,٦	متوسط إلى سريع
مستحلب السمك	٣–٥	١–٢	١–٢	سريع
مسحوق السمك المجفف	١٠–١١	٦	٢	سريع
النفايات الجافة للسمك	٣,٥–١٢	١–١٢	٠,٨–١,٦	بطئ
القمامة المجففة	٢,٧	٣	١	بطئ جدًا
زرق الطيور البحرية	٩–١٢	٣–٨	١–٢	متوسط
الكيلب kelp (رماد عشب البحر)	٠,٩	٠,٥	٤–١٣	بطئ
السبلة الطازجة				
الماشية	٠,٢٥	٠,١٥	٠,٢٥	متوسط
الخيل	٠,٣	٠,١٥	٠,٥	متوسط
الأغنام	٠,٦	٠,٣٣	٠,٧٥	متوسط
الخنازير	٠,٣	٠,٣	٠,٣	متوسط
الأرانب	٢,٤	١,٤	٠,٦	متوسط إلى سريع
الدجاج (٧٥٪ رطوبة)	١,٥	١	٠,٥	متوسط إلى سريع
الدجاج (٥٠٪ رطوبة)	٢	٢	١	متوسط إلى سريع
الدجاج (٣٠٪ رطوبة)	٣	٢,٥	١,٥	متوسط إلى سريع
الدجاج (١٥٪ رطوبة)	٦	٤	٣	متوسط إلى سريع
البط	٠,٦	١,٤	٠,٥	متوسط إلى سريع

تابع جدول (٣-١).

المادة	N	P_2O_5	K_2O	التيسر
المارل marl	صفر	٢	٤,٥	بطئ جدًا
الميلوجانيت miloganite الجاف	٥	٢-٥	٢	متوسط
كمبوست عيش الغراب	٠,٤-٠,٧	٠,٦	٠,٥-١,٥	بطئ
البيت والمك	١,٥-٣	٠,٧٥	٠,٥-١,٠	بطئ جدًا
نشارة الخشب	٠,٢	٠,١	٠,٢	بطئ جدًا
المجارى المعاملة	١-٣	٠,٥-٤,٠	صفر-٠,٥	بطئ
كسب فول الصويا	٦,٧	١,٦	٢,٣	بطئ إلى متوسط
رماد الخشب	صفر	١-٢	٣-٧	سريع
مسحوق الجرانيت (ترسبات معدنية طبيعية)	صفر	صفر	٣,٠-٥,٠	بطئ جدًا
الرمل الأخضر (ترسبات معدنية طبيعية)	صفر	١,٣٥	٤-٩,٥	بطئ جدًا
الكاينيت kainite (ترسبات طبيعية)	صفر	صفر	١٢	بطئ جدًا
صخر الفوسفات (ترسبات معدنية طبيعية)	صفر	٢٠-٣٢	صفر	بطئ جدًا
ملح إبسوم	صفر	صفر	صفر (١٠ Mg)	سريع
سلفات البوتاسيوم والمغنيسيوم	صفر	صفر	٢١ (١١ Mg)	سريع

وتتباين تلك المنتجات فى سرعة معدنة ما تحتويه من نيتروجين عضوى، كما يتضح من جدول (٣-٢).

جدول (٣-٢): معدل تمعدن النيتروجين العضوى فى بعض الأسمدة العضوية حسب درجة الحرارة والفترة الزمنية (عن Gaskell وآخرين ٢٠٠٦).

السماد	الحرارة (°م)	معدل تمعدن النيتروجين العضوى (٪) بعد فترة		
		أسبوع واحد	أربعة أسابيع	ثمانية أسابيع
سبلة الدواجن المجهزة على صورة حبوب	١٥	٤	١٦	٢١
	٢٥	١٠	٢٣	٣٦

تابع جدول (٣-٢).

السماد	الحرارة (°م)	معدل تمعدن النيتروجين العضوى (٪) بعد فترة		
		أسبوع واحد	أربعة أسابيع	ثمانية أسابيع
زرق الطيور البحرية	١٥	٤٩	٥٧	٦٠
	٢٥	٤٥	٤٨	٥٤
زرق الطيور البحرية على صورة حبوب	١٥	٤٢	٦١	٦٤
	٢٥	٤٦	٦٠	٦٧
مسحوق السمك	١٥	٥١	٥٥	٦١
	٢٥	٤٨	٦٠	٦٤
مسحوق الريش	١٥	٤٢	٥٦	٥٩
	٢٥	٥٠	٦٤	٦٣
مسحوق الدم	١٥	٤١	٦٠	٦٤
	٢٥	٥١	٦٧	٧٠

المركبات والمنتجات الطبيعية التى يُحظر أو يُقيد استعمالها

لا يُسمح باستخدام بعض المركبات الطبيعية فى الإنتاج العضوى، وتُفرض قيود على استخدام بعضها الآخر كما يلى:

١- يمكن استخدام مادة كلوريد البوتاسيوم (أو ما يعرف باسم muriate of potassium) - فقط - ما لم يُؤد استخدامها إلى زيادة محتوى التربة من أيون الكلوريد.

٢- على الرغم من أن معظم الحجر الجيرى الزراعى يُسمح باستعماله فى الإنتاج العضوى، فإن الجير المطفى $Ca(OH)_2$ والجير المحروق (أكسيد الكالسيوم CaO لا يُسمح باستعمالهما بسبب طريقة تصنيعهما.

٣- لا يُسمح فى الاتحاد الأوروبى واليابان باستعمال نترات الصوديوم الطبيعية (نترات شيلى) فى الإنتاج العضوى بسبب مخاطر زيادة الصوديوم فى التربة، بينما يسمح باستعمالها فى الولايات المتحدة لتوفير ما لا يزيد عن ٢٠٪ من حاجة النباتات الكلية من النيتروجين. ويجب أن يؤخذ ذلك الأمر فى الاعتبار عن الرغبة فى تصدير مُنتج ما من بلد

تسمح باستعمال نترات الصوديوم في حدود ٢٠٪ من حاجة النباتات من النيتروجين إلى بلد لا يسمح باستعمالها على الإطلاق.

٤- يُسمح باستخدام السبلة الطازجة (التي لم تتحلل إلى كمبوست أو لم تترك جانبًا لتتحلل جزئيًا) ما دامت السبلة قد تم تداولها بطريقة تحد من مخاطر تلوث محاصيل الغذاء بمسببات أمراض الإنسان، ومن مخاطر تلوث البيئة بالنيتروجين. ويعنى ذلك تحديدًا أن السبلة الطازجة لا تُستخدم إلا في إنتاج الأسمدة الخضراء، أو في الحالات التي يجرى فيها الحصاد بعد ٤-٦ شهور من إضافة الكمبوست للتربة في جو دافئ بقدر كافٍ يسمح بالنشاط البيولوجي المؤدى إلى تحلل السبلة.

هذا .. وتختلف برامج تصديق الإنتاج العضوى في قوائم المواد المصرح بها، والمواد المقيدة الاستعمال، والممنوعة من الاستخدام، بما يعنى ضرورة الرجوع إلى تلك القوائم قبل استخدام أى من المنتجات التي تسوق على أنه يصرح باستخدامها في الإنتاج العضوى.

أهمية التسميد العضوى

لقد أوضحت الدراسات إنه لا يكون — عادة — ممكنًا زيادة محتوى التربة من المادة العضوية لأكثر من ١٪، ولكن حتى مثل هذه الزيادة فإنها يمكن أن تُحسن خصوبة التربة بصورة درامية.

يُعد الدبال أكثر مكونات المادة العضوية مقاومة للتحلل، فهو بطئ التحلل بشدة، وقد يستغرق تحلله مئات السنوات. وتتحلل البقايا النباتية الغنية في الكربون والفقيرة في النيتروجين مثل القش وحطب الذرة، ولكنها تنتج الدبال بكفاءة. وبالمقارنة .. فإن البقايا النباتية عالية المحتوى من النيتروجين، مثل النموات النباتية الغضة، تتحلل بسرعة، ويقل إنتاجها من الدبال.

ويمكن أن يوفر تحلل المادة العضوية في التربة كميات جوهرية من العناصر المغذية. ويتحول جزء من النيتروجين الموجود في المادة العضوية إلى صورة معدنية (غير عضوية)

مثل الأمونيوم (NH_4^+)، والنترات (NO_3^-) من خلال عملية المعدنة mineralization. هذا .. إلاّ أن توقيت ومعدل المعدنة لا يتفق – غالبًا – مع احتياجات النبات؛ مما يستدعى ضرورة التسميد بالنيتروجين خلال موسم النمو. ويعد عدم التوافق بين معدنة النيتروجين من المادة العضوية واحتياجات المحصول من العنصر أكبر تحديات التغذية فى الزراعة العضوية.

كذلك تعد المادة العضوية مصدرًا جيدًا للفوسفور، حيث تؤدى معدنة العنصر من المادة العضوية إلى تيسره للنبات. كما وأن تحلل المادة العضوية تنطلق معه بعض العناصر الدقيقة، مثل النحاس والزنك.

وإلى جانب إمدادات العناصر، فإن المادة العضوية تحسن خصوبة التربة من خلال تأثيرها على عدد من خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية. فالمادة العضوية يمكن أن تدمص العناصر من خلال عملية تبادل الكاتيونات، مثل الأمونيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم. ويمكن أن تسهم المادة العضوية بنحو ٢٠٪–٧٠٪ من السعة التبادلية الكلية للتربة.

كذلك يتحسن قوام التربة من خلال تكوين المادة العضوية للتجمعات aggregates؛ الأمر الذى ينعكس على نفاذية التربة، وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة. وتفيد هذه التغيرات فى تحسين النمو الجذرى، وتوفر بيئة مناسبة للنشاط الميكروبى؛ الأمر الذى ينعكس على النمو النباتى والمحصول (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

وعلى الرغم من أن أى مواد عضوية غير متحللة تضاف إلى التربة سوف تتحلل مع الوقت، إلا أن لذلك الأمر مساوئه، مقارنة بإضافة المواد العضوية المتحللة. فمثلاً .. إذا أضيفت كميات كبيرة من المواد العضوية غير المتحللة، فإن الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليلها سوف تنافس النباتات المتواجدة على نيتروجين التربة أثناء عملية التحلل؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى نقص النيتروجين وضعف النمو النباتى. كذلك يكون من الأسهل كثيرًا خلط المادة العضوية المتحللة بالتربة عما يكون عليه الحال مع المادة العضوية غير المتحللة.

هذا إلى جانب أن إضافة المادة العضوية وهى متحللة تعنى توفر العناصر الضرورية المتواجدة بها – مباشرة – للنمو النباتى، دونما حاجة إلى الانتظار لحين تمام تحللها، فضلاً عن تحسين المادة العضوية المتحللة لخصائص التربة الفيزيائية، مثل بناء التربة، ونفاذيتها، وسعتها التبادلية الكاتيونية، وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

ويمكن إيجاز أهم مزايا المادة العضوية للتربة، فيما يلى:

١– تحسين الحالة الفيزيائية للتربة.

٢– تعد مصدرًا غذائيًا للكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة، والتى تساعد فى تيسر العناصر.

٣– تساعد المادة العضوية للتربة على الاحتفاظ بالعناصر، فلا تتسرب مع ماء الرشح.

٤– تفرز البكتيريا التى تنمو على المادة العضوية مواد كربوهيدراتية معقدة تفيد فى لصق حبيبات التربة لتكوين تجمعات منها.

٥– تساعد الأحماض التى تنطلق أثناء تحلل المادة العضوية فى تيسر العناصر الضرورية للنمو النباتى.

٦– يمكن للماء تخلل التربة بصورة أفضل عند وجود المادة العضوية، مما يقلل من تعريتها.

٧– يتحسن تعمق الجذور فى التربة.

٨– تتحسن قدرة التربة الرملية على الاحتفاظ بالماء ضد الجاذبية.

٩– يتحسن الصرف فى الأراضى الثقيلة عندما يزداد التحبب فيها بفعل المادة العضوية.

١٠– تعد المادة العضوية ذاتها – بعد تحللها – مصدرًا لجميع العناصر الغذائية التى يحتاجها النبات، والتى تتيسر بصورة تدريجية اثناء النمو النباتى. ويعد هذا التيسر التدريجى من الأهمية بمكان بالنسبة لعنصر مثل النيتروجين (Harris وآخرون ٢٠٠٧).

ونظرًا لأن المادة العضوية للتربة تتحلل سريعًا فى الأجواء الحارة، لذا .. يلزم تكرار إضافتها سنويًا لتعويض ما ينقص منها بالتحلل.

تحلل المادة العضوية فى التربة

عند قلب المادة العضوية فى التربة، فإن نسبة الكربون إلى النيتروجين تكون — عادة — عالية فى البداية؛ حيث تبلغ نحو ٥٠:١. ومع تحلل المادة العضوية تنطلق كميات كبيرة نسبيًا من ثانى أكسيد الكربون، وكميات قليلة نسبيًا من النيتروجين النتراتى والأمونيومى؛ فتضيق النسبة تدريجيًا. ويستمر ذلك مع استمرار تحلل المادة العضوية، حتى تصل نسبة الكربون إلى النيتروجين لنحو ١٠:١. وتظل النسبة ثابتة بعد ذلك، برغم استمرار تحلل المادة العضوية. ويعنى ذلك أن المادة العضوية التى توجد فى صورة متقدمة من التحلل تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين بها ١٠:١ مهما كانت النسبة فى بداية التحلل؛ لذلك نجد أن المادة العضوية التى بها نسبة كبيرة من الكربون إلى النيتروجين تعطى عند تحللها كمية أكبر من ثانى أكسيد الكربون، وكمية أقل من الدبال humus، وهو الناتج النهائى للتحلل.

تقسيم المواد العضوية حسب نسبة الكربون إلى النيتروجين بها

تقسم المواد العضوية حسب نسبة الكربون إلى النيتروجين بها إلى الأقسام التالية:

١- مواد ذات نسبة متقاربة جدًا very narrow؛ مثل: بول الحيوانات (١٠:١)، والبقوليات فى الأطوار المبكرة من نموها (١٥:١-٢٠:١).

٢- مواد ذات نسبة متقاربة؛ مثل: البقوليات فى الأطوار المتأخرة من نموها والسماد الحيوانى المتحلل (٢٠:١)، وغير البقوليات فى الأطوار المبكرة من نموها (٢٠:١).

٣- مواد ذات نسبة عالية؛ مثل القش المتحلل، والأوراق المتحللة (٦٠:١)، وغير البقوليات فى الأطوار المتأخرة من نموها (٦٠:١).

٤- مواد ذات نسبة عالية جدًا؛ مثل: القش (٨٠:١)، والأوراق الجافة (٨٠:١)، ونشارة الخشب (٣٠٠:١) (Edmond وآخرون ١٩٧٥).

وعمومًا .. تتوقف نسبة الكربون إلى النيتروجين على مرحلة النمو النباتى؛ فتكون النسبة أوسع كلما تقدمت النباتات فى النمو، وكذلك تكون فى النباتات غير البقولية أوسع منها فى النباتات البقولية.

العوامل المؤثرة على سرعة تحلل المادة العضوية

يتم تحت الظروف المناسبة تحلل نصف كمية المادة العضوية الطازجة المضافة (سماد حيوانى، أو سماد أخضر) خلال ٢-٣ أسابيع، ونحو ٣/٢ الكمية المضافة خلال ٤-٦ أسابيع.

وتتأثر سرعة تحلل المادة العضوية بالعوامل التالية:

١- درجة الحرارة:

حيث تخضع سرعة التحلل لقانون: فان هوف Vant Hoff؛ فتزداد سرعة التحلل إلى الضعف مع كل زيادة مقدارها ١٠ درجات مئوية بين درجتى حرارة صفر، و ٣٥°م.

٢- تهوية التربة:

لأن الأكسجين ضرورى لتأكسد المواد العضوية، ولتنفس الكائنات الدقيقة فى التربة.

٣- الرطوبة الأرضية:

لضرورتها لنمو الكائنات الدقيقة، ولإتمام التفاعلات التى تحدث أثناء التحلل.

٤- pH التربة:

حيث تكون كائنات التربة فى أعلى درجات نشاطها بين pH ٦-٦,٥.

نواتج تحلل المادة العضوية فى التربة

عند تحلل المادة العضوية فى التربة، فإنها إما أن تتأكسد كلية، وإما أن تتحلل إلى مواد وسطية تسمى الدبال humus. ومن المواد التى تتأكسد أو تتحلل كلية المركبات العضوية البسيطة، كالسكريات، والنشويات، والهيميسيليلوز، والبروتينات البسيطة. فالسكريات تتأكسد إلى CO_2، وماء وحرارة، مع صور أخرى للطاقة. والبروتينات البسيطة تتأكسد فى وجود الماء إلى CO_2، وماء، وأمونيا، وطاقة. والبروتينات المركبة المحتوية على الكبريت تتأكسد فى وجود الماء إلى CO_2، وماء، وأمونيا، وكبريتيد الأيدروجين. هذا .. وتتحول الأمونيا إلى نيتروجين نتراتى، ويتحول كبريتيد الأيدروجين إلى كبريتات. والمعادن تتحد مع بعض الأنيونات، مكونة أملاحًا، أو تبقى فى المحلول الأرضى كأيونات. وتفيد

المركبات التى تتأكسد كلية فى إمداد كائنات التربة الدقيقة بالطاقة، كما تفيد فى إمداد النبات ببعض العناصر الضرورية (Buckman & Brady ١٩٦٠).

أما الدبال، فهو مركب وسطى لتحلل المادة العضوية. وهو ناتج من نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة عليها، ويوجد فى صورة غروية، وله أهميته القصوى فى زيادة السعة التبادلية للتربة. والدبال عبارة عن مادة عضوية متقدمة كثيرًا فى درجة تحللها. وهو مادة غير متجانسة، ليس له تركيب كيميائى محدد، ولونه بنى داكن، ويتكون من بقايا نباتية وحيوانية متحللة مع بقايا خلايا كائنات التربة نفسها. والدبال غير ثابت التركيب، ويتغير باستمرار فى التربة ببطء.

يشكل اللجنين نحو ٤٠٪–٤٥٪ من الدبال، ويدخل البروتين فى تركيبه بنسبة ٣٠٪–٣٥٪، أما الباقى، فهو عبارة عن دهون وشموع ومواد أخرى. واللجنين بالدبال ذو أصل نباتى، أما البروتين، فإنه يرجع إلى نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة (Millar وآخرون ١٩٦٥).

الأسمدة الخضراء

الأسمدة الخضراء green manure هى تلك التى تزرع لغرض قلبها فى التربة بعد نموها، وليس لغرض أخذ محصول منها. ويوجد منها نوعان:

١– نوع يزرع كغطاء للتربة cover crop، حيث تزرع نباتاته لغرضين؛ هما المحافظة على التربة من التعرية، ولتحسينها بقلبها فيها. وهى تزرع غالبًا فى الأوقات التى لا تزرع فيها الخضروات.

- نوع يسمى أسمدة خضراء green manure crops، وتزرع نباتاته لأجل تحسين التربة فقط، وتقلب فيها وهى مازالت خضراء، وهى تزرع غالبًا فى الأوقات المناسبة لزراعة الخضر؛ وعليه .. فهى تشغل الأرض فى وقت يمكن فيه استغلالها فى زراعة الخضر.

هذا .. ويجب أن تؤخذ العوامل التالية — فى الحسبان — عند اختيار نوع محصول التسميد الأخضر:

١- مدى تأقلم المحصول على الظروف الجوية السائدة خلال موسم النمو المراد زراعته خلاله.

٢- مدى تأقلم النبات على تربة المزرعة.

٣- مواصفات النمو الجذرى، ومدى تغلغلة فى التربة.

٤- مدى سهول قلب النمو الخضرى فى التربة.

٥- كمية المادة العضوية التى ينتجها المحصول فى الوقت المتاح لنموه قبل زراعة الحقل بالخضروات. وتجدر الإشارة إلى أن كمية المادة العضوية التى ينتجها المحصول هى الأساس فى المفاضلة بين الأنواع النباتية المختلفة؛ فالهدف هو تحسين خواص التربة. ويجب تفضيل محصول غير بقولى ينتج كمية كبيرة من المادة العضوية على محصول بقولى ينتج كمية قليلة من المادة العضوية؛ لأن الآزوت يمكن توفيره من مصادر أخرى.

ومن المحاصيل التى تزرع — عادة — لغرض استخدامها كسماد أخضر: البرسيم، واللوبيا، والفول الرومى.

ومن أهم مزايا استخدام الأسمدة الخضراء ما يلى:

١- يؤدى قلب السماد الأخضر فى التربة إلى إعادة العناصر الغذائية — التى امتصتها النباتات — إلى التربة، ومعها كمية من المادة العضوية.

٢- تؤدى محاصيل التسميد الأخضر مهمتين بالنسبة للعناصر الغذائية فى التربة: الأولى امتصاص العناصر من أعماق مختلفة، ثم إضافتها إلى الطبقة السطحية بعد قلب المحصول فى التربة، والثانية امتصاص العناصر الغذائية والاحتفاظ بها، بدلاً من فقدها بالرشح لحين قلب المحصول فى التربة.

٣- تضيف المحاصيل البقولية كميات إضافية من الآزوت إلى التربة.

٤- تعتبر المادة العضوية المضافة عن طريق السماد الأخضر أكثر فائدة من كمية مماثلة مضافة على سطح التربة فى صورة أسمدة عضوية؛ لأن جزءًا من المادة العضوية المضافة عن طريق السماد الأخضر يكون فى صورة جذور نباتات تتخلل التربة لأعماق كبيرة، وتعطى

عند تحللها توزيعًا عميقًا للمادة العضوية فى التربة. كما تترك عند تحللها أنفاقًا تتخلل التربة لأعماق كبيرة؛ مما يساعد على تحسين مسامية التربة وتهويتها. وذلك أمر يستدعى الاهتمام بالمجموع الجذرى للأسمدة الخضراء.

٥- تساعد الأسمدة الخضراء على تثبيت التربة وحفظها من التعرية، وخاصة فى المناطق الغزيرة الأمطار، أو المعرضة للرياح القوية (عن Thompson & Kelly ١٩٥٧).

هذا .. ويجب أن يكون الهدف من زراعة نباتات تحسين التربة هو الحصول على أكبر قدر ممكن من النمو فى الوقت المتاح؛ ولذلك يجب – عند زراعتها – ما يلى:

١- أن تكون الزراعة أكبر كثافة مما هى فى حالة الزراعة العادية. وتكون الزراعة على مسافات ضيقة، أو نثرًا حسب المحصول. وتبلغ كمية التقاوى للفدان نحو ٤٠ كجم من اللوبيا، و ٢٥ كجم من فول الصويا، و ٤٥ كجم من الفول الرومى، و ٣٥ كجم من البسلة، و ١٢ كجم من حشيشة السودان.

٢- العناية بتسميدها عضويًّا، كما لو كانت تزرع لأجل الحصول على محصول منها؛ لأن فى ذلك استثمارًا كبيرًا للأسمدة المضافة .. فهذه الأسمدة ستعود إلى التربة مرة أخرى لتستفيد منها الخضر المزروعة، كما ستعمل على تشجيع نمو خضرى جيد فى نباتات التسميد الأخضر؛ مما يزيد من كمية المادة العضوية المضافة إلى التربة. وفى حالة عدم توفر الأسمدة يعتبر من الأجدى إضافة جزء من السماد المخصص لمحصول الخضر إلى نباتات التسميد الأخضر المزروعة قبل الخضر.

٣- عند استخدام البقوليات كأسمدة خضراء يجب تلقيح بذورها ببكتيريا العقد الجذرية الخاصة بها فى حالة زراعتها لأول مرة بالحقل.

ويتوقف موعد قلب النباتات المستعملة كسماد أخضر فى التربة على عاملين؛ هما:

١- موعد زراعة محصول الخضر التالى فى الدورة.

٢- الفترة التى يستغرقها تحلل نباتات السماد الأخضر.

وتتوقف الفترة التى تستغرقها نباتات السماد الأخضر حتى تتحلل على كل من

درجة الحرارة، ونسبة الرطوبة فى التربة، وعلى مدى تقدم النباتات المستعملة كسماد أخضر فى النمو عند قلبها فى التربة، وكذلك على نسبة الكربون إلى النيتروجين بها.

هذا .. ويؤدى قلب السماد الأخضر فى التربة إلى حدوث نقص مؤقت فى الآزوت؛ نتيجة استهلاكه من قِبَل الكائنات الدقيقة التى تقوم بتحليل المادة العضوية. ورغم أن ذلك الآزوت يعود إلى التربة مرة أخرى، إلا أن هذا النقص المؤقت يؤثر على نمو نباتات الخضر المزروعة إذا زرعت قبل تحلل السماد الأخضر المضاف.

ولإسراع تحلل المادة العضوية، وتلافى النقص المؤقت فى الآزوت، تجب مراعاة ما يلى:

١- تسميد نباتات السماد الأخضر جيدًا بسماد آزوتى عضوى أثناء نموها؛ حيث يؤدى ذلك إلى زيادة النمو الخضرى؛ ومن ثم زيادة فائدته كسماد أخضر. ومن ناحية أخرى .. فإن ذلك يؤدى إلى زيادة محتوى النبات من النيتروجين. ويمكن اعتبار ذلك التسميد الآزوتى جزءًا من المقرر الآزوتى الذى يعطى للمحصول التالى؛ حيث سيعود إلى التربة بعد تحلل السماد الأخضر.

٢- قلب السماد الأخضر فى التربة وهو مازال فى حالة غضة، وقبل أن يبدأ فى الإزهار؛ حيث تبلغ نسبة المادة الجافة به فى ذلك الوقت نحو ٢٠٪. ويؤدى تأخير قلب السماد عن ذلك إلى زيادة نسبة المادة الجافة، ولكنه لا يتحلل بسرعة.

٣- إضافة كمية من السماد العضوى الغنى بالآزوت إلى التربة عند قلب السماد الأخضر بها بمعدل نحو ١٠ كجم آزوت/طن من المادة الجافة المقلوبة من الأسمدة الفقيرة فى نسبة النيتروجين. ولكن لا يلزم ذلك الإجراء عند التسميد الأخضر بالمحاصيل البقولية الغنية بالآزوت.

٤- يجب أن تمر فترة لا تقل عن شهرين بين قلب المحصول فى التربة، وزراعة المحصول الجديد، حتى يتم التحلل.

٥- ولإسراع التحلل يراعى إجراء ما يلى:

أ- تقطيع النباتات إلى أجزاء صغيرة، ثم حرثها فى التربة؛ بحيث لا تظهر فوق

سطح الأرض.

ب- رى الأرض بغزارة بعد قلبها فى التربة (Lorenz & Maynard ١٩٨٠).

الأسمدة ذات الأصل الحيوانى

تعد السبلة الحيوانية أهم الأسمدة العضوية، وهى تتضمن الغائط والبول والفرشة فى الحالة الطازجة (دون كمر). وتشكل السبلة الحيوانية القديمة مصدرًا متوازنًا للنيتروجين وغيره من العناصر الكبرى والصغرى. ولا يمكن استعمال السبلة فى الإنتاج العضوى إلاّ إذا استعملت فى أراضٍ غير مخصصة لإنتاج محاصيل غذائية، أو إذا أضيفت للتربة قبل الزراعة بما لا يقل عن ١٢٠ يومًا قبل الموعد المتوقع لحصاد الجزء المأكول من المحاصيل الغذائية، وذلك إذا ما كان ذلك الجزء المأكول من المحصول ملامسًا للتربة، أو إذا أضيفت السبلة قبل الموعد المتوقع للحصاد بما لا يقل عن ٩٠ يومًا إن لم يكن الجزء المأكول ملامسًا للتربة. وعلى الرغم من مناسبة السبلة كمصدر جيد ومتجانس للعناصر المغذية للنبات، فإن السماح باستخدامها ليس أمرًا مؤكدًا فى كل الحالات، وغالبًا ما يُطلب تحويله إلى كمبوست أولاً (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

وإذا ما استخدمت السبلة الحيوانية فى صورة كمبوست بعد خلطها فى مكمورة مع مخلفات نباتية، فإن نسبة الكربون إلى النيتروجين الابتدائية يجب أن تتراوح — قبل الكمر بين ١:٢٥، و ١:٤٠، وتجب المحافظة على حرارة تتراوح بين ٥٥، و ٧٧°م لمدة ثلاثة أيام فى المكامير المهواة الثابتة فى مكانها static aerated pile system، أو لمدة ١٥ يومًا فى المكامير التى تقلب خمس مرات على الأقل (Ferguson ٢٠٠٦).

هذا .. وتحضر أسمدة من مختلف الأنسجة الحيوانية التى لا يستفيد منها الإنسان فى غذائه؛ كالعظام، والدم، والأسماك واللحوم التى لا تصلح للاستهلاك الآدمى. وتقوم شركات خاصة بتحضير هذه النوعية من الأسمدة العضوية.

ويمكن حقن شبكات الرى بالتنقيط ببعض هذه الأسمدة العضوية المجهزة بطرق

خاصة، ولا سيما الأسمدة التى تتكون — أساسًا — من بروتينات نباتية أو حيوانية، وتجهز بطريقة تعرف باسم "التجفيف بالرش" Spray-drying.

يتم أولاً تحليل الأنسجة النباتية أو الحيوانية إنزيميًا، ثم تركز فى صورة سائل كثيف — وهى دافئة قليلاً — تحت تفريغ، ويلى ذلك رشها من رشاش يدور بمعدل ١١٠٠٠ دورة فى الدقيقة، مع تعرض الرذاذ لهواء تبلغ سرعته ٢٢٤ كيلو مترًا فى الساعة.

يكون ناتج هذه العملية دقيقًا للغاية ومتجانسًا فى الحجم، ويتراوح محتواه الآزوتى — عادة — من ١٢٪ إلى ١٤٪. وقد تم بهذه الطيقة تحضير أسمدة عضوية من بروتينات السمك، والدم، والدواجن، والخميرة.

ويستدل من دراسات Schwankl & McGourty (١٩٩٢) على إمكانية حقن هذه البروتينات فى شبكة الرى بالتنقيط دون توقع حدوث انسداد بالنقاطات. هذا إلا أن البروتينات لا تكون ذائبة فى ماء الرى، وإنما تبقى معلقة وتميل إلى الترسيب، وخاصة بالنسبة لبروتين الدم. أما بروتين السمك فيبقى معلقًا فى مياه الرى لفترة أطول، وبذا يكون توزيعه فى شبكة الرى أكثر تجانسًا.

ومن الأسمدة العضوية التجارية المحضرة من الأنسجة الحيوانية ما يلى:

١- من الأسمدة المحضرة من الأسماك سماد Alaska Fish Emulsion 5-1-1، وهو مستحلب يحتوى على ٥٪ نيتروجينًا عضويًا، بالإضافة إلى ١٪ من كل من الفوسفور والبوتاسيوم، ويستعمل مع مياه الرى — سواء أكان الرى بالرش، أم بالتنقيط — بمعدل لتر من السماد لكل ٢٥٠ لترًا من مياه الرى.

٢- من الأسمدة المحضرة من العظام سماد Bone Meal 1-11-0؛ وهو سماد غنى بالفوسفور العضوى، ويضاف إلى التربة نثرًا إلى جانب النباتات.

٣- من الأسمدة المحضرة من الدم سماد الدم المجفف Dried Blood 10-0-0، وهو يحتوى على ١٠٪ نيتروجينًا عضويًا سريع التيسر للنبات.

هذا .. إلا أن بعضًا من تلك المنتجات يحتوى على جزيئات صغيرة تكون معلقة فى الماء ولا تذوب فيه، الأمر الذى قد يعنى ترسبها من السماد، وبالتالى ضعف محتوى السماد من العناصر المغذية. ويمكن — غالبًا — عمل مستخلصات لتلك المواد الصلبة تُرش بها النباتات أو تضاف مباشرة إلى التربة.

ويتوقف مقدار ما يضاف من مختلف المواد العضوية وغير العضوية — لاستكمال حاجة النبات من العناصر المغذية — على الخبرة السابقة للمنتج، وقوة النمو النباتى، والمعلومات المتوفرة عن صفات التربة، مثل محتواها من المادة العضوية، والسعة التبادلية الكاتيونية، وقدرة التربة على توفير عنصرى الفوسفور والبوتاسيوم، واحتياجات المحصول وتاريخ الحقل، ومدى قدرة المواد المراد إضافتها على توفير العناصر الضرورية وسرعة تيسرها. هذا علمًا بأن زيادة التسميد بالنيتروجين أو بالفوسفور يمكن أن تؤدى إلى تلوث المياه السطحية والجوفية، وهو ما قد يحدث فى حالات الإضافات الكبيرة جدًا من الأسمدة العضوية. ويفيد تحليل التربة بصورة منتظمة فى الحكم على مدى خصوبة التربة وما يحدث فيها من تغيرات سنة بعد أخرى (عن Brust وآخرين ٢٠٠٣).

هذا .. ولا يسمح فى السوق الأوروبية باستخدام مخلفات المجارى المعالجة فى تسميد الزراعات المحمية لما قد تحمله من مخاطر التلوث بمسببات أمراض الإنسان وببعض العناصر السامة. ونظرًا لأن تلك المخلفات هى أصلاً لمواد عضوية — نباتية وحيوانية — خرجت من المزارع ولا يسمح بعودتها إليها، إلى جانب ما يحدث من فقد للعناصر بالمزارع جراء الرشح مع ماء الصرف، والزنترة denitrification، وتبخر الأمونيا، فإنه يُسمح فى الزراعة العضوية باستعمال مغذيات محدودة فى علائق الحيوانات والأسمدة النباتية لتكون بديلاً لما يُفقد من الدورة التى يفترض أن تكون مغلقة. هذا إلاّ إنه لا يسمح إلا باستعمال المواد التى تتيسر منها العناصر بعمليات وسطية مثل التجوية الكيميائية أو من خلال نشاط بعض الكائنات الدقيقة (Stockdale وآخرون ٢٠٠١).

التسميد بالكمبوست

يمكن أن يشكل الكمبوست – وخاصة إذا دخل فى تكوينه سبلة الحيوانات – مصدرًا اقتصاديًّا ومناسبًا لكل من العناصر الكبرى والدقيقة، ويكون التحدى عند استعمال الكمبوست هو معرفة تركيبه وكيفية استعماله بكفاءة. فإذا ما كانت المواد التى ادخلت في إنتاج الكمبوست فقيرة في العناصر المغذية، فإن الكمبوست يكون كذلك. وإذا لم يكن الكمبوست فى مرحلة متقدمة من التحلل، فإنه يؤدى إلى فقر مؤقت فى نيتروجين التربة الذى تحتاج إليه الكائنات الدقيقة التى تقوم باستكمال تحليل الكمبوست الذى يُضاف إليها. وتعد نسبة الكربون إلى النيتروجين فى الكمبوست أحد دلائل توفيره للنيتروجين للنبات، فمع زيادة النسبة عن ٢٠:١ تزداد فرصة تثبيت نيتروجين التربة فى كائنات التربة الدقيقة التى تقوم بتحليل الكمبوست، بينما يوفر الكمبوست الذى تنخفض فيه النسبة عن ٢٠:١ النيتروجين للمحصول المزروع.

ومن بين عوامل الجودة الأخرى للكمبوست عمره، وحجم جزيئاته، ورقمه الأيدروجينى، وملوحته، ونقاوته، أى نسبة ما يحتويه من مادة عضوية، حيث يفضل الكمبوست الذى يقل محتواه من التربة والرمل والمواد الأخرى غير العضوية التى تكون مخلوطة به. ونظرًا لأن تحليل الكمبوست يكون على أساس الوزن الجاف، فإن محتواه الرطوبى يضيف إلى وزنه، ويقلل من محتواه من العناصر وكثيرًا ما يصل محتوى الكمبوست من الرطوبة إلى ٢٥٪–٣٠٪ (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦، و Gaskell & Smith ٢٠٠٧).

يكون الكمبوست الحديث young compost – عادة – غنيًّا فى محتواه من عديدات التسكر، وهى التى تعزز تجميع حبيبات التربة المتفرقة، وتؤدى إلى زيادة ثبات التجمعات الأكبر حجمًا. هذا إلا أن إضافة هذا الكمبوست الحديث – غير المكتمل التحلل – يتطلب تركه فى التربة لفترة طويلة قبل وصوله إلى مرحلة الثبات (Raviv ٢٠٠٥).

هذا .. وتكون معدلات المعدنة من الكمبوست المضاف للتربة منخفضة نسبيًّا، كما يُعد

الكمبوست – عادة – مصدرًا ضعيفًا للنيتروجين على المدى القصير. ولقد أظهرت الدراسات أن نسبة النيتروجين التى تتمعدن من الكمبوست خلال السنة الأولى بعد إضافته لا تزيد عن ١٥٪. وربما يفسر ذلك المشاكل الخاصة بالتسميد النيتروجينى التى تنشأ خلال فترة التحول من الزراعة التقليدية إلى الزراعة العضوية. ومع الاستمرار فى إضافة الكمبوست سنويًا .. تزداد الكمية الكلية من النيتروجين العضوى بالتربة، ومن ثم تزداد كميات العنصر التى يمكن أن تتوفر من المعدنة (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

وإلى جانب استخدام الكمبوست فى تسميد التربة، فإنه يستخدم – كذلك – كأحد المكونات الرئيسية لبيئات الزراعة، وهو استخدام انتشر حديثًا على نطاق واسع، وخاصة فى زراعة المحاصيل غير المأكولة كنباتات الزينة ومشاتل الأشجار. ويعد هذا الاستخدام للكمبوست بديلاً جيدًا للبيت موس؛ فهو يؤدى معظم ما يتحقق باستعمال البيت، فضلاً عن كونه أقل تكلفة. كما أن الكمبوست "الناضج" المكتمل التحلل mature compost يعد مثبطًا للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة. وتجدر الإشارة إلى أن الكمبوست "الناضج" هو بالضرورة كمبوست "ثابت" stable (عن Raviv ٢٠٠٥).

إضافات البيت

تتوفر تجاريًا أنواع من البيت peat، يتم تحضيرها بالمعاملة الحرارية لمخلفات نباتية مثل الأوراق وقلف أشجار بعض الأنواع النباتية، ويتم تعقيمها بالبخار تحت ضغط على حرارة عالية تصل إلى ١٣٤°م، وتستخدم كإضافات للتربة.

ويكون تحليل هذه النوعية من البيت، كما يلى:

الخاصية	التحليل
وزن المتر المكعب	١٠٠ كجم
الرطوبة	١٣,٢٪

الخاصية	التحليل
الـ pH (١:١٠)	٩,٣
الـ EC (١:١٠)	٠,٩٥ ديسى سيمنز/م
النيتروجين الكلى	٠,٥٣٪
النيتروجين الأمونيومى	١١٣ جزء فى المليون
النيتروجين النتراتى	لا يوجد
المادة العضوية	٩٥٪
الكربون العضوى	٥٥٪
الرماد	٥٪
نسبة الكربون إلى النيتروجين	١٠٤:١
الفوسفور الكلى	٠,٠٥٪
البوتاسيوم الكلى	٠,٤٥٪
نسبة التشبع بالماء	١٠٠٠٪

أما تحليل البيت موس فإنه يكون – غالبًا – فى الحدود التالية:

الخاصية	التحليل
الـ pH	٥,٥–٩,٠
الـ EC	١,٣٩
الحديد	٢,٢ جزء في المليون
المغنيسيوم	١,٣ جزء فى المليون
الكالسيوم	١,٣ جزء فى المليون
المنجنيز	٣,٣ جزء فى المليون
الزنك	٠,٧ جزء فى المليون
الكبريت	٢,٣ جزء فى المليون

الأسمدة الحيوية

من بين الأسمدة الحيوية المتوفرة محليًا، ما يلى:

السماد	محتواه البكتيرى	أهميته
بيوجين Biogene	*Azotobacter* spp.	تثبيت آزوت الهواء الجوى
فوسفورين Phosphorine	*Bacillus megaterium*	إذابة الفوسفات
نيتروبين Nitrobene	*Azotobacter* spp. + *Azospirillum* spp.	تثبيت آزوت الهواء الجوى
ميكروبين Microbene	*Azotobacter* spp. + *Azospirillum* spp. + *Pseudomonas* spp. + *Rhizobium* spp.	تثبيت آزوت الهواء الجوى وتنشيط النمو

وقد حُصل فى إحدى الدراسات على ٣٣ عزلة بكتيرية كانت قادرة على إذابة الفوسفور من مصادرة العضوية وغير العضوية، وانتخب منها ١٦ سلالة كانت قادرة على استعمار جذور الطماطم. وتبين أن جميعها أحدثت — فى الزراعات المحمية — زيادة فى كل من: النموات الهوائية والجذرية، والوزنين الرطب والجاف، ومحتوى نباتات الطماطم — التى لُقحت بها — من عنصر الفوسفور، مقارنة بنباتات الكنترول. ولقد أظهر تحليل التربة فى محيط جذور النباتات التى لُقحت بذورها — قبل الزراعة — بالبكتيريا — زيادة فى محتواها من عنصر الفوسفور، وتساوت جميع العزلات المختبرة فى تلك التأثيرات (Hariprasad & Niranjana ٢٠٠٩).

توفير حاجة النباتات من مختلف العناصر المغذية

النيتروجين

لا يتوفر النيتروجين من المادة العضوية إلاّ إذا تحللت بفعل النشاط الميكروبى؛ الأمر الذى يعتمد على توفر كل من الرطوبة والدفء، اللذان لا يمكن بغيرهما تيسر النيتروجين من المادة العضوية التى تضاف إلى التربة، علمًا بأن الارتفاع فى درجة الحرارة والزيادة فى

رطوبة التربة — حتى الحدود المثلى لنشاط الكائنات الدقيقة المحللة للمادة العضوية — يتناسب طرديًا مع معدل تيسر النيتروجين.

تعرف عملية تيسر النيتروجين من المادة العضوية — بفعل الكائنات الدقيقة باسم "معدنة النيتروجين" nitrogen mineralization. وعلى الرغم من أن تلك العملية يمكن أن توفر كميات جوهرية من النيتروجين فإن تقدير كميات العنصر التى تتوفر مع الوقت يُعد عملية معقدة لتأثرها بعدة عوامل.

ومن أهم العوامل التى تؤثر فى معدنة النيتروجين من المادة العضوية، ما يلى:

١- حرارة التربة:

تكون عملية المعدنة شديدة البطء فى حرارة أقل من ١٠°م، ويزداد معدل المعدنة بارتفاع الحرارة عن ذلك.

٢- رطوبة التربة:

تكون عملية المعدنة سريعة فى الأراضى الرطبة، ولكنها تُثبط فى ظروف الجفاف والرطوبة الزائدة.

٣- عمليات الحراثة:

تتسبب حراثة التربة فى حدوث تحفيز مؤقت فى نشاط الكائنات الدقيقة فى التربة، ينخفض فى خلال أيام أو أسابيع قليلة.

وعلى الرغم من تعقيد التفاعلات بين تلك العوامل، فإنه يمكن إيجاد تقدير تقريبى لمعدل المعدنة من المادة العضوية فى التربة تأسيسًا على كمية النيتروجين العضوى الموجودة فى التربة، ونسبة هذا النيتروجين الذى يمكن أن يتمعدن خلال فترة من الوقت.

تكون أو خطوة هى تقدير كمية النيتروجين العضوى الموجودة فى التربة. ويمكن الحصول على ذلك التقدير مباشرة باختبار معملى، أو قد يمكن الاستدلال عليه من

محتوى التربة من المادة العضوية. ونجد فى معظم الأراضى الزراعية أن النيتروجين العضوى يشكل حوالى ٧٪ من المادة العضوية فى التربة، وتحدث غالبية معدنة النيتروجين فى الثلاثين سنتيمترًا العلوية من التربة.

ولقد أظهرت عديد من الدراسات أن حوالى ٢٪ من النيتروجين العضوى يتمعدن — عادة — كل شهرين على حرارة ٢٥ °م. وعندما تكون نسبة المادة العضوية فى التربة ١٪، فإن ذلك يعنى أن كمية النيتروجين التى يمكن أن تتمعدن خلال شهرين = ١٣١٨ كجم نيتروجين عضوى بالفدان × ٠,٠٢ (نسبة النيتروجين العضوى التى تتمعدن) = ٢٦,٣٦ كجم نيتروجين للفدان. وتتأثر هذه الكمية بعديد من العوامل؛ فمثلاً يؤدى الرى بالرش إلى ابتلال كل سطح التربة؛ ولذا .. يكون التمعدن فى كل الحقل، بينما يكون التمعدن فى الأجزاء المبتلة فقط من الحقل فى حالة الرى بالتنقيط. كذلك يقل التمعدن — كما أسلفنا — فى الجو البارد وعند عدم كفاية الحراثة، وفى الأراضى الثقيلة التى قد تتعرض لزيادة كبيرة فى محتواها الرطوبى. وتجدر الإشارة إلى أن ذلك التقدير لكمية النيتروجين التى يمكن أن تتمعدن من مادة التربة العضوية لا يأخذ فى الاعتبار كميات النيتروجين التى تُسهم بها الإضافات الحديثة من المواد العضوية سواء أكانت فى صورة مخلفات نباتية، أم كمبوست، أم إضافات عضوية أخرى.

ويبلغ معدل معدنة النيتروجين من مادة التربة العضوية والإضافات العضوية الحديثة أقصاه — عادة — قبل أن يصل المحصول إلى أعلى معدل له فى امتصاص النيتروجين. وحتى فى النظم العضوية، فإن فقد النيتروجين بالرشح أو فى صورة غازية (denitrification) — كما يحدث فى الأراضى الغدقة — يمكن أن يكون كبيرًا إذا وصل للتربة كمياه كبيرة من الماء (سواء أكان ذلك من الأمطار أو من مياه الرى) فى بداية موسم النمو (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

لا تحتاج الخضر ذات مواسم النمو القصيرة (مثل الفجل والسلق والكزبرة) — عادة — إلى مزيد من النيتروجين غير ذلك الذى يتوفر من معدنة نيتروجين التربة العضوى، ومما

يضاف فى صورة كمبوست أو بقايا محصولية. هذا .. بينما تحتاج الخضر ذات الاحتياجات الأعلى من النيتروجين وذات مواسم النمو الأطول إلى إضافات أخرى من سماد نيتروجينى عضوى.

ويمكن تقسيم الخضر حسب حاجتها من النيتروجين خلال موسم النمو إلى ثلاث مجموعات، كما يلى:

١- خضر تقل حاجتها الكلية من النيتروجين عن ٥٥ كجم للفدان، وتتضمن: الفاصوليا — الخيار — الفجل — السبانخ — الكوسة.

٢- خضر تتراوح احتياجاتها الكلية من النيتروجين بين ٥٥، و ٩٠ كجم، وتتضمن: الجزر — الذرة السكرية — الثوم — الخس — الكنتالوب — البصل — الفلفل — الطماطم.

٣- خضر تزيد احتياجاتها الكلية من النيتروجين عن ٩٠ كجم، وتتضمن: البروكولى — الكرنب — القنبيط — الكرفس — البطاطس (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

الفوسفور

إن الزراعات العضوية التى تعتمد على السبلة لأجل توفير حاجة النباتات من النيتروجين تتوفر لها — كذلك — كافة احتياجاتها من الفوسفور. وبغير تلك السياسة فى توفير النيتروجين يتعين توفير حاجة النباتات من الفوسفور بناء على تحليل التربة.

ومن بين مصادر الفوسفور المصرح بها فى الزراعة العضوية صخر الفوسفات والكمبوست. يفيد استعمال صخر الفوسفات — خاصة — فى الأراضى الحامضية التى يقل رقمها الأيدروجينى عن ٥,٥ وينخفض محتواها من الكالسيوم؛ علمًا بأن ذوبان صخر الفوسفات ينخفض كثيرًا فى الأراضى التى يرتفع رقمها الأيدروجينى عن ٥,٥. ويكون الفوسفور المتوفر فى الكمبوست ميسرًا بدرجة تتراوح بين ٧٠٪، و ١٠٠٪ (Nelson & Janke ٢٠٠٧). وتفضل إضافة الفوسفات إلى كومات الكمبوست أثناء تجهيزها، لأن النشاط الميكروبى المصاحب لتحلل المادة العضوية يساعد فى جعل الفوسفور المعدنى أكثر تيسرًا للنبات.

وكما فى حالة النيتروجين، يكون تيسر الفوسفور من المادة العضوية بطيئًا فى الجو البارد، الأمر الذى يتطلب إضافة مركبات عضوية غنية بالفوسفور السريع التيسر إلى جانب النباتات؛ خاصة وأن النمو الجذرى يكون بطيئًا فى الجو البارد، حتى ولو كانت التربة غنية بالفوسفور.

يُقدر الفوسفور الميسر فى التربة عند ارتفاع الـ pH عن ٦,٠ بطريقة الـ Olsen bicarbonates test. ومع حقيقة أن الفوسفور الميسر يقل فى الحرارة الأقل من ١٥,٦°م (٦٠°ف)، فإن المحاصيل التى تنمو فى الشهور الباردة من السنة تحتاج إلى مستويات أعلى من الفوسفور لتنمو جيدًا.

ونقدم – فيما يلى – بيانًا بالمستويات المناسبة من الفوسفور فى التربة – تبعًا للـ bicarbonate test لكل من خضروات المواسم الدافئة وخضروات المواسم الباردة.

المحصول	المستوى المناسب للفوسفور (جزء فى المليون)
خضروات المواسم الدافئة	٢٠–٢٥
خضروات المواسم الباردة	٥٠–٦٠

يعد الكمبوست وبعض الأسمدة العضوية مصادر جيدة للفوسفور. ومن المهم رصد مستوى الفوسفور فى التربة سنويًا، نظرًا لأنه يمكن أن يزيد سريعًا جراء إضافات الكمبوست والأسمدة العضوية الأخرى (Gaskell وآخرون ٢٠٠٦).

ويتوفر صخر الفوسفات الطبيعى فى عديد من المناطق بمصر، مثل واحة الخارجة، وأبو طرطور، والسباعية وغيرها، ويمكن الاستفادة منه فى الحصول على احتياجات النباتات من الفوسفور باستخدام الأنواع البكتيرية المذيبة له، مثل:

Paenibacillus polymyxa

Bacillus megaterium var. *phosphaticum*

تُفرز هذه البكتيريا أثناء نشاطها وتكاثرها أحماضًا عضوية، هى التى تفيد فى تيسر الفوسفور من صخر الفوسفات.

ويتطلب نشاط هذه البكتيريا مصدرًا للطاقة؛ الأمر الذى يمكن توفيره لها من أى مادة عضوية مثل الكمبوست، كما أن توفر عنصر البورون يفيد فى زيادة نشاط وتكاثر هذه البكتيريا. ولذا .. فقد أمكن عمل تحضير تجارى – حصل على براءة اختراع من أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا – يحتوى على صخر الفوسفات الطبيعى مضافًا إليه – بنسبة ٢٥٪ – كمبوست تام النضج سبقت معاملته بكل مما يلى:

- نوعا البكتيريا المذيبة للفوسفور اللذان سبق ذكرهما.
- محلول لحامض البوريك بتركيز ٠,٠٣٪، وهو مسموح باستخدامه فى الزراعات العضوية.
- البكتيريا الحرة المثبتة لآزوت الهواء الجوى: *Azospirillum*، و *Azotobacter*.

يخلط الكمبوست المعامل بالأنواع البكتيرية وحامض البوريك خلطًا جيدًا بصخر الفوسفات.

كما يضاف إلى صخر الفوسفات المطحون جيدًا سيليكات الكالسيوم والمغنيسيوم بنسبة ٠,٠١٪ كمادة مانعة للتكتل والتحجر، وكذلك ٢٪ فحم كربون ناعم ناتج من متبقيات مكامير الفحم.

يعد هذا المخلوط الذى يتوفر تجاريًا تحت اسم: "الموفر-بيو" مصدرًا لكل من الفوسفور والنيتروجين، وهو يصلح للاستعمال فى الزراعات العضوية.

ولقد أوضحت دراسات Bolland وآخرون (٢٠٠٨) أن صخر الفوسفات لا يمكن اعتباره بديلاً جيدًا للأسمدة المحتوية على فوسفور ذائب؛ ذلك أن كفاءة صخر الفوسفات تكون منخفضة فى السنة الأولى لإضافته وتبقى منخفضة كذلك فى السنوات التالية؛ مما يستلزم استعمال معدلات عالية جدًا منه.

البوتاسيوم

لا يُعد التيسر البطئ للبوتاسيوم من معادن التربة كافٍ لمدّ النباتات بحاجتها من العنصر، وبخاصة فى فترات الطلب الشديد عليه فى بعض مراحل النمو النباتى، ولكن هذا التيسر يمكن أن يُسهم فى تحسين خصوبة التربة على المدى الطويل.

هذا .. وتتوفر مصادر جيدة للبوتاسيوم يمكن استعمالها فى الزراعة العضوية، تتضمن المعادن مثل اللانجبينيت langbenite، والسلفينيت sylvinite، وسلفات البوتاسيوم. كذلك يُعد رماد الخشب، والرمل الأخضر greensand. والأعشاب البحرية من مصادر البوتاسيوم، ولكن استعمالها لا يخضع لاعتبارات معينة؛ بسبب انخفاض محتواها من العنصر، وتأثيرها على pH التربة، وضعف ذوبانها، والحاجة إلى استعمال كميات كبيرة منها. ويتباين — كثيرًا — تركيز البوتاسيوم فى السبلة والكمبوست، ولكنه يكون ميسرًا لاستعمال النبات. ويمكن لبعض المعادن الصخرية توفير جزء من حاجة النبات من العنصر، إلاّ أن الكثير منها قليل الذوبان إلى درجة تجعل استخدامها غير عملى (Mikkelsen ٢٠٠٧).

يفضل تقدير مستوى البوتاسيوم فى التربة بطريقة الاستخلاص بخلات الأمونيوم ammonium acetate extraction test. وعمومًا .. إذا كان مستوى البوتاسيوم فى التربة أعلى من ٢٠٠ جزء فى المليون، فإن التسميد الإضافى بالبوتاسيوم لا يفيد غالبًا فى زيادة المحصول. هذا إلا أن إضافات البوتاسيوم يمكن أن تعوض ما يفقد منه بالامتصاص وتحافظ على مستواه. وإذا ما انخفض مستوى البوتاسيوم فى التربة يكون من المطلوب التسميد بالعنصر. ويعد الكمبوست والأسمدة العضوية الأخرى مصادر جيدة للبوتاسيوم.

الكالسيوم والمغنيسيوم

تعد معظم الأراضى غنية فى الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت، ولكن يمكن زيادة محتوى التربة من الكالسيوم بإضافة الجبس الزراعى؛ ومن المغنيسيوم بإضافة ملح إبسوم epsom salt الذى يحتوى على ١٠٪ مغنيسيوم وهو سريع التيسر، ومن الكبريت من المادة

العضوية، وكذلك من كبريتات البوتاسيوم والمغنيسيوم التي تحتوى على ٢١٪ K_2O، و ١١٪ مغنيسيوم. هذا وتحتوى طبقة تحت التربة – على مستويات أعلى من الكبريت، وهي التي يمكن الاستفادة منها بزراعة المحاصيل عميقة الجذور. هذا مع العلم بأن مستوى الكبريت في الأراضي الرملية يزداد – تدريجيًا – مع استمرار التسميد العضوى.

العناصر الدقيقة

تحتوى الأسمدة العضوية على مختلف العناصر الدقيقة. كذلك يمكن استعمال الصور المخلبية لبعض العناصر، وأملاح الكبريتات والكربونات والأكاسيد والسيليكات لعناصر الزنك والنحاس والحديد والمنجنيز والموليبدنم والسيلينيم والكوبالت – وجميعها أملاح سريعة الذوبان – إذا ما قدمت أدلة على عدم توفر تلك العناصر بكميات كافية في التربة (Treadwell ٢٠٠٦). كذلك يستعمل البوراكس للبورون، وموليبدات الصوديوم للموليبدنم.

كذلك تحتوى مستخلصات الطحالب البحرية على عديد من العناصر المغذية، وأحيانًا على بعض الهرمونات. وإلى جانب تلك المواد المغذية بطبيعتها، فإن بعض التحضيرات الخاصة بكائنات دقيقة معينة – تُعامل بها التربة – تؤدى إلى تيسر العناصر فيها.

الفصل الرابع

المنشطات الحيوية

إن المنشطات الحيوية Biostimulants عبارة عن مستحضرات طبيعية تحتوى على منظمات نمو معينة، أو عناصر غذائية، أو كائنات دقيقة، وتؤدى — عند معاملة النباتات بها — إلى تحفيز النمو النباتى، وزيادة المحصول، كما يؤدى بعضها إلى زيادة قدرة النباتات على تحمل الظروف البيئية القاسية.

وتعمل بعض المنشطات الحيوية — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير بعض العناصر الغذائية فى البيئة النباتية، بينما يفيد بعضها الآخر فى إمداد النبات بتلك العناصر، كما يعمل الكثير منها على توفير توازن هرمونى معين؛ إما بصورة مباشرة عن طريق المحفز ذاته، وإما بصورة غير مباشرة من خلال نشاط الكائنات الدقيقة التى يحتويها المحفز.

وتحتوى المنشطات الحيوية على واحد أو أكثر من مجموعات محفزات النمو التالية:

١- الكائنات الدقيقة:

من أمثل هذه الكائنات ما يلى:

أ- بكتيريا تثبيت أزوت الهواء الجوى فى التربة، أو فى جذور البقوليات.

ب- أنواع بكتيرية أخرى تعمل — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير عناصر ضرورية أخرى (مثل الفوسفور) فى صورة ميسرة لامتصاص النبات.

جـ- أنواع بكتيرية وفطرية تعمل — من خلال نشاطها الحيوى — على توفير توازن هرمونى معين محفز للنمو النباتى.

د- أنواع فطرية (فطريات "الميكوريزا" Mycorhizae) تعيش تعاونيًّا مع جذور النباتات.

٢- مركبات كيميائية أخرى — غير سمادية — محفزة للنمو؛ مثل: حامض الهيوميك humic acid، وحامض الفلفيك fulvic acid، وحامض الفوليك folic acid، وبوليمرت حامض اللاكتيك، ومجموعة فيتامينات B، وحامض الأسكوربيك (فيتامين C)، وغيرهم.

٣- مستخلصات طحالب بحرية وغيرها من المستخلصات النباتية.

بكتيريا التسميد الحيوى

يعرف عديد من الأنواع البكتيرية والتحضيرات التجارية البكتيرية التى تستخدم فى التسميد الحيوى. ومن أهم شروط استخدام تلك البكتيريا التسميد العضوى الجيد قبل الزراعة؛ لكون السماد العضوى بيئة أساسية لنشاط هذه البكتيريا وتكاثرها.

ومن بين التحضيرات التجارية لتلك الأنواع البكتيرية، ما يلى:

١- تحضيرات تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى:

من أمثلة هذه التحضيرات التجارية ما يلى:

أ- ريزوباكتيرين:

يحتوى على البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى محملة على بيت موس بتركيز $١٠^٨$ خلية بكتيرية لكل جرام من البيت. تعامل به البذور قبل زراعتها مباشرة، مع مراعاة عدم معاملة البذور بمطهرات فطرية، وإلا فإن الرايزوباكتيريم يخلط مع كمية مناسبة من الرمل، ويضاف إلى جانب النباتات فى خط الزراعة.

ب- ميكروبين:

يحتوى على مجموعة كبيرة من الكائنات الدقيقة التى تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى، وتحول الفوسفور والعناصر الصغرى إلى صورة صالحة لامتصاص النبات.

جـ- سيريالين:

يستعمل — بصفة خاصة — مع المحاصيل النجيلية، والسكرية والزيتية.

د- نتروبين:

يحتوى النتروبين – كذلك – على بكتيريا تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى.

وجميع التحضيرات التجارية المذكورة أعلاه من إنتاج الهيئة العامة لصندوق الموازنة الزراعية تحت إشراف جهات بحثية مختلفة، ويؤدى استعمالها إلى توفير نحو ٢٥٪-٣٥٪ من احتياجات النباتات السمادية من عنصر الآزوت.

٢- تحضيرات تحتوى على بكتيريا تقوم بتوفير عنصر الفوسفور فى صورة ميسرة لامتصاص النبات:

تُحدث هذه البكتيريا تأثيرها من خلال إفرازاتها من الأحماض العضوية التى تعمل على إذابة العناصر التى تتوفر بكثرة فى التربة فى صورة غير ميسرة لاستعمال النبات؛ مثل عناصر الفوسفور، والحديد، والزنك، والنحاس، والمنجنيز.

ومن التحضيرات التجارية لهذه المنشطات ما يلى:

أ- ميكروبين .. وقد سبقت الإشارة إليه.

ب- فوسفورين:

يحتوى الفوسفورين على بكتيريا نشطة فى تحويل فوسفات ثلاثى الكالسيوم – غير الميسرة لاستعمال النبات – إلى فوسفات أحادى الكالسيوم الميسرة للنبات، علمًا بأن الصورة غير الميسرة تتواجد بتركيزات عالية فى الأراضى المصرية نتيجة للاستخدام المركز للأسمدة الفوسفاتية.

ويخلط الفوسفورين بالتقاوى قبل الزراعة، كما يمكن إضافته إلى جانب النباتات أثناء نموها.

ومن أمثلة التحضيرات التجارية الحيوية الأخرى المنشطة للنمو النباتى والميسرة للعناصر الغذائية للنبات، ما يلى:

التحضير التجارى	تأثيره
• سمبيون فام Symbion-Vam (يحتوى على عدة أنواع من فطريات الكيوريزا وأنواع بكتيرية تعيش فى التربة، منها *Bacillus megaterium*)	تسهيل امتصاص العناصر، وزيادة المقاومة لإجهاد الجفاف والبرودة، ولبعض الآثار الضارة لأمراض الجذور، فضلاً عن تيسير الفوسفور فى التربة
• سمبيون الآزوت Symbion-N (يحتوى على البكتيريا *Azospirillium* spp.)	مثبت لآزوت الهواء الجوى
• سمبيون الفوسفور Symbion-P (يحتوى على البكتيريا *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*)	مذيب للفوسفور فى التربة
• سمبيون الآزوت أسيتوباكتر Symbion-N (*Acetobacter*) (يحتوى على البكتيريا التكافلية التعايش *Acetobacter* spp.)	مدّ النبات بالآزوت وبعض الهرمونات المحفزة للنمو، علمًا بأن البكتيريا تعيش تكافليًّا داخل جذور النبات.
• سمبيون الآزوت رايزوبيم Symbion-N (*Rhizobium*) (يحتوى على بكتيريا *Rhizobium* spp.)	مدّ النبات ببكتيريا الرايزوبيم التى تعيش تكافليًا فى جذوره وتمده بالنيتروجين
• سمبيون البوتاسيوم Symbion-K (يحتوى على البكتيريا *Frateuria aurentia*)	تقوم البكتيريا بتحرير البوتاسيوم من مصادره غير الذائبة كمعادن التربة الأساسية.

بكتيريا المحيط الجذرى

تعيش بكتيريا المحيط الجذرى rhizosphere bacteria فى المحيط الجذرى للنباتات، التى تستفيد من نشاطها البيولوجى.

لا تُعرف – على وجه الدقة – الكيفية التى تتحقق من خلالها استفادة النباتات من تلك الأنواع البكتيرية، وإن كانت هناك عدة احتمالات لذلك؛ منها ما يلى:

١- تفرز البكتيريا أثناء نشاطها البيولوجي عددًا كبيرًا من المركبات التى يمكن أن تستفيد منها النباتات؛ مثل: الفيتامينات، والأحماض الأمينية، والفينولات، ومركبات أخرى عديدة تقدر بالآلاف.

٢- تفرز البكتيريا عديدًا من منشطات النمو الهرمونية التى تحقق للنبات توازنًا هرمونيًا مناسبًا للنمو الجيد.

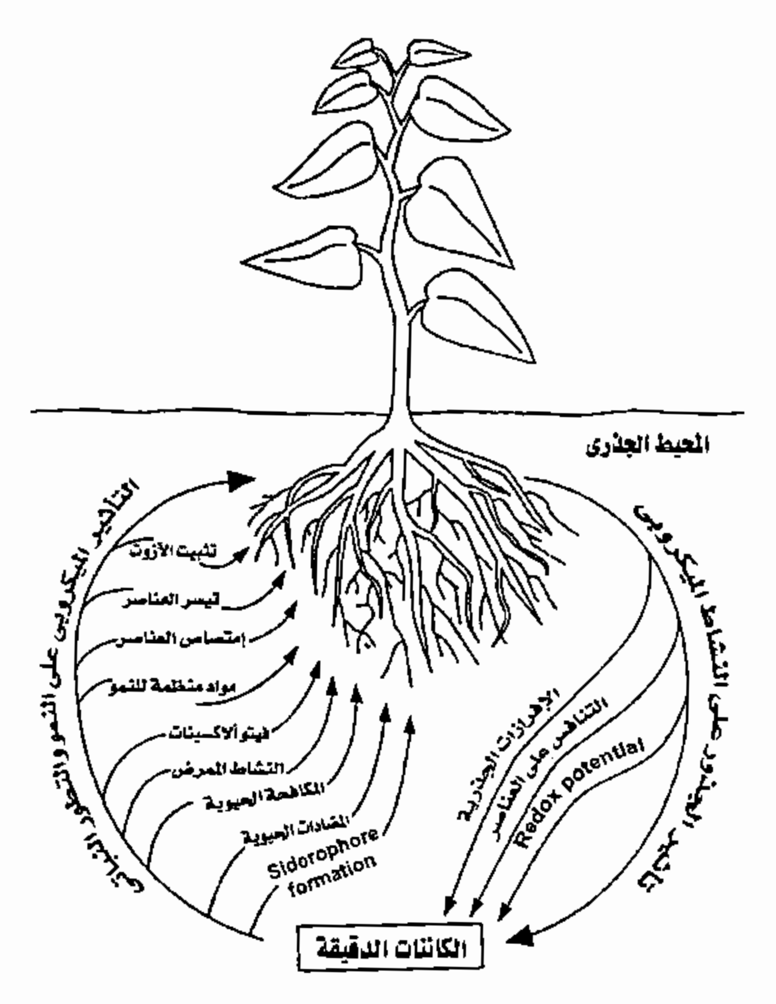
٣- تفرز البكتيريا أثناء نشاطها مضادات حيوية متنوعة تفيد فى وقف نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى المسببة للأمراض؛ مثل البكتيريا، والفطريات.

٤- تحفز البكتيريا – بسبب نشاطها البيولوجي – امتصاص النبات للعناصر المغذية من التربة.

وكلما تنوعت الأنواع البكتيرية الموجودة فى المنشط الحيوى ازداد تنوع إفرازاتها، وازدادت – بالتالى – الفائدة التى تعود منها على النباتات.

وغنى عن البيان أن الأنواع البكتيرية التى يمكن أن تستفيد النباتات من نشاطها لا تمثل سوى نسبة ضئيلة من آلاف الأنواع البكتيرية المعروفة، وأن التآلف – وليس التنافس – بين هذه الأنواع ضرورى لكى تتحقق للنباتات الفائدة المرجوة منها.

إن المحيط الجذرى rhizosphere هو ذلك الجزء من التربة الذى يقع تحت التأثير المباشر لجذور النباتات الراقية، وهو يعد أكثر أجزاء التربة كثافة بالكائنات الدقيقة التى تكون فى تلامس مباشر مع الجذور النباتية. وتكون جذور معظم النباتات الراقية فى علاقة بعدد كبير من الأنواع الميكروبية النشطة، وقد تكون تلك العلاقة مفيدة للطرفين mutualistic، أو مضادة لأحدهما antagonistic، أو متباينة التأثير. ويوضح شكل (٤-١) عديد من تلك التأثيرات التى يمكن أن تحدثها الكائنات الدقيقة للمحيط الجذرى على النباتات.



شكل (٤-١): التفاعلات الممكنة بين النباتات والكائنات الدقيقة التي يمكن أن تـؤثر فى النمو النباتى.

وتعرف الأنواع البكتيرية تلك المنشطة للنمو باسم Plant Growth-Promoting Rhizobacteria، وهى بكتيريا تتكاثر بالقرب من الجذور، وتنتمى إلى عدة أجناس وأنواع؛ من أهمها الجنسان: *Pseudomonas*، و *Bacillus*. تتم المعاملة بها — غالبًا — عن طريق البذور.

وقد تبين أن هذه البكتيريا تكسب النباتات مناعة جهازية Induced Systemic Resistance ضد عديد من الأمراض. ومن أمثلة ذلك الحالات التالية (Liu وآخرون ١٩٩٥أ، و ١٩٩٥ب).

المحصول	الأمراض التى كوفحت جهازيًا (ومسبباتها)
الخيار	الأنثراكنوز (الفطر *Colletotrichum orbiculare*)
	تبقع الأوراق الزاوى (البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans*)
	الذبول الفيوزارى (الفطر *Fusariam oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)
	سقوط البادرات (الفطر *Pythium aphanidermatum*)
الفاصوليا	اللفحة الهالية (البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*)

وقد استعمل فى هذه الدراسات سلالات معينة من عدة أنواع بكتيرية؛ منها:

Pseudomonas putida

Serratia morcescens

Pseudomonas fluorescens

وتعتبر البكتيريا *Bacillus cereus* من المنشطات الحيوية التى تستعمل عن طريق التربة، أو بمعاملة البذور قبل الزراعة، أو رشًا على النموات الخضرية.

وقد أدى استعمالها عن طريق التربة إلى زيادة محصول الباذنجان بنسبة ١١٤٪ مقارنة بمعاملة الشاهد، كما كانت معاملة بذور الخيار أكثر فاعلية من معاملة رش النباتات (Li & Mei ١٩٩١).

ومن بين منشطات النمو الهرمونية التى تفرزها بعض الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة، أو فى المحيط الجذرى، أو التى تكون فى علاقة تعاونية مع جذور النباتات، ما يلى:

١- تُفرز عديد من أنواع الجنس *Azotobacter* إندول حامض الخليك، وحامض الجبريلليك، ومركبات شبيهة بالجبريللينات، ومركبات شبيهة بالسيتوكينين، وثلاثى إندول حامض البيروفيك.

٢- تفرز عديد من أنواع الجنس *Rhizobium* إندول حامض الخليك؛ كما يفرز بعضها ثلاثى إندول حامض البيروفيك، وحامض الجبريلليك، وجبريللينات أخرى، ومركبات شبيهة بالسيتوكينين، والأيزوبنتيل أدينين.

٣- تفرز عديد من أنواع الميكوريزا إندول حامض الخليك، وثلاثى إندول حامض الكربوكسيلك، ومركبات شبيهة بالسيتوكينين، والزيتاتين (Arshad & Frankenberger ١٩٩٨).

ونقدم فى جدول (٤-١) أمثلة لحالات تنشيط للنمو النباتى بعد المعاملة ببعض الأنواع البكتيرية والفطرية (فطريات الميكوريزا) للبذور، أو الجذور، أو بيئات الزراعة.

جدول (٤-١): أمثلة لحالات تنشيط للنمو النباتى بعد المعاملة ببعض الأنواع البكتيرية والفطرية للبذور، أو الجذور، أو بيئات الزراعة (عن Whipps ١٩٩٧).

الكائن الدقيق المستخدم	النبات المعامل	تنشيط النمو المشاهد
بكتيريا	لفت الزيت	المساحة الورقية
Arthrobacter citreus		المحصول
Azotobacter	الطماطم	الإنبات
		الوزن الجاف
		طول الجذور والنمو الخضرى
Azotobacter chroococcum	الطماطم	الإنبات
		الوزن الجاف
		طول الجذور والنمو الخضرى
Bacillus subtilis A-13	القطن	النمو النباتى
	الفول السودانى	المحصول
B. subtilis GB03	القطن	المحصول
B. subtilis	البصل	الوزن الجاف للجذور والنمو النباتى
		الارتفاع

تابع جدول (٤-١).

الكائن الدقيق المستخدم	النبات المعامل	تنشيط النمو المشاهد
Pseudomonas spp.	الفاصوليا	وزن الجذور والنمو الخضرى
Pseudomonas putida GR12-2		الإنبات
		الوزن الجاف
	الخيار	وزن الجذور والنمو الخضرى
		الإنبات
		الوزن الجاف
	الـ Guayule	الوزن الجاف
	الخس	الوزن الجاف للجذور والنمو النباتى
		الإنبات
	الكنتالوب	وزن الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
		الإنبات
	الفلفل	وزن الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
	البطاطس	وزن الجذور والنمو الخضرى
		المحصول
	الفجل	الإنبات
		طول الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
		الإنبات
	التبغ	وزن الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
	الطماطم	الإنبات
		طول الجذور والنمو الخضرى
		الوزن الجاف
	القمح	الوزن الجاف للجذور والنمو الخضرى

تابع جدول (٤-١).

الكائن الدقيق المستخدم	النبات المعامل	تنشيط النمو المشاهد
Pseudomonas sp. Ps JN	البطاطس	الإنبات
		تطور النمو النباتى
		محصول الدرنات
Pseudomonas flourescens	لفت الزيت	المساحة الورقية
		المحصول
	الأرز	الارتفاع
	الطماطم	الإنبات
		الوزن الجاف
		طول الجذور والنمو الخضرى
Pseudomonas fluorescens E6	القرنفل	الوزن الطازج للنمو الخضرى
Pseudomonas putida	لفت الزيت	المساحة الورقية
		المحصول
Pseudomonas putida GR12-2	لفت الزيت	طول الجذور
Serratia liquefaciens	لفت الزيت	المساحة الورقية
		المحصول
Streptomyces griseoviridis	الكرنبيات	تطور النمو النباتى
	الخس	تطور النمو النباتى
فطريات		
Rhizoctonia solani (binucleate)	الفلفل	الوزن الجاف للنمو الخضرى
Rhizoctonia solani (non-pathogenic)	الجزر	الوزن الطازج والجاف
	القطن	وزن الألياف
	البطاطس	الوزن الطازج للنمو الخضرى
	الخس	الوزن الطازج والجاف
	القمح	وزن الحبوب والمحصول
	الفجل	الوزن الطازج والجاف

تابع جدول (٤-١).

الكائن الدقيق المستخدم	النبات المعامل	تنشيط النمو المشاهد
Trichoderma spp.	الخس	الوزن الطازج والجاف
	البيتونيا	عدد الأزهار
	التبغ	الإنبات
Trichoderma koningii T8	الطماطم	الوزن الجاف للجذور والنمو الخضرى
	الخيار	الإنبات
Trichoderma harzianum BR105	الطماطم	الوزن الجاف للجذور والنمو الخضرى
		عقد الأزهار
Trichoderma harzianum T-12	الفجل	الوزن الجاف
	الطماطم	الإنبات
		الوزن الطازج والجاف
Trichoderma harzianum T-95	الأقحوان	الوزن الطازج والجاف
	البيتونيا	الوزن الطازج والجاف
	الفجل	الوزن الجاف
	الطماطم	الإنبات
		الوزن الجاف للنمو الخضرى
Trichoderma harzianum T-203	الفاصوليا	الإنبات
	الخيار	الإنبات
	الفلفل	الارتفاع
		الوزن الجاف
		المساحة الورقية
	الفجل	الإنبات
Trichoderma viride	الطماطم	الإنبات
	الخس	الوزن الطازج للنمو الخضرى

ونقدم – فيما يلي – أمثلة لأنواع بكتيرية مختلفة لعبت دورًا في تنشيط النمو النباتي لدى المعاملة بها.

الجنس *Bacillus*:

● أحدثت معاملة الطماطم وكرنب أبو ركبة والجزر ببكتيريا المحيط الجذري *Bacillus subtilis* زيادة في محصول الطماطم قدرت بنحو ١٠٪، وفي حجم الجزء المأكول من كرنب أبو ركبة قدرت بنحو ٨٪، بالإضافة إلى إسراع إنبات البذور وزيادة المحصول في الجزر (Kilian & Raupach ١٩٩٩).

● أدت معاملة جذور الطماطم بالسلالة BS13 من البكتيريا *Bacillus subtilis* إلى زيادة المحصول وحجم الثمار (Mena-Violante & Olade-Portugal ٢٠٠٥).

● أدت معاملة التربة بخليط من نوعين بكتيريين يعيشان في المحيط الجذري وينشطا النمو النباتي، هما: *Bacillus subtilis*، و *Bacillus amyloliquefaciens* إلى زيادة محصول الفلفل جوهريًّا مقارنة بالمحصول في النباتات التي لم تعط تلك المعاملة (Herman وآخرون ٢٠٠٨).

الجنس *Pseudomonas*:

● أدت معاملة بذور الخيار بالسلالة G872B من *Gliocladium virens*، أو بالسلالة Pf3 من *Pseudomonas putida*، أو بمخلوط منهما إلى زيادة معدل الإنبات، والنموين الخضري والجذري والمحصول، وكانت أكثر المعاملات كفاءة هي بالسلالة G872B أو بمخلوط منها مع السلالة Pf3 (Bae وآخرون ١٩٩٥).

● أدت معاملة بذور الخس والطماطم بالسلالة GR12-2 من البكتيريا *Pseudomonas putida* إلى زيادة طول جذور البادرات، ويعتقد أن ذلك التأثير كان مرده لتثبيط تلك البكتيريا لإنتاج البادرات النامية للإثيلين (Hall وآخرون ١٩٩٦).

الجنس *Rhizobium*:

● وجد أن تلقيح الخس والذرة بالبكتيريا المذيبة للفوسفات *Rhizobium leguminosarum* pv. *phaseoi* (السلالتان P31، و R1) أحدث زيادة معنوية في النمو النباتي، كان مردها إلى

إذابة تلك البكتيريا — التى لا يمكنها المعيشة تعاونيًّا مع جذور غير البقوليات — لعنصر الفوسفور فى المحيط الجذرى للنباتات (Chabot وآخرون ١٩٩٦).

الجنس *Klebsiella*:

- وجد أن السلالة TSKhA-91 من البكتيريا *Klebsiella planticola* — التى عُزلت من المحيط الجذرى لبعض الخضر — تتكاثر باستمرار، وتبقى ملتصقة بثبات بالجذور، وتسود فى المحيط الجذرى للخضر طوال فترة النمو النباتى. ولهذه السلالة قدرة عالية على تثبيت آزوت الهواء الجوى، وتقوم بتمثيل مضادات حيوية ومنشطات نمو، وتكون محاصيل الخضر التى تلقح بها أعلى إنتاجية (Temtsev ١٩٩٤).

الجنس *Entrobacter*:

- وجد أن بكتيريا المحيط الجذرى *Entrobacter cloacae* (السلالة CAL3) تؤدى — حين تواجدها فى المحيط الجذرى للطماطم والفلفل — إلى تحفيز النمو، حتى مع التسميد بمحلول مغذٍ. وقد تطلب هذا التأثير المحفز تواجد الخلايا البكتيرية وهى حية (Mayak وآخرون ٢٠٠١).

أجناس بكتيرية أخرى:

- وجد أن تلقيح بيئة زراعة الفاصوليا بالسلالة SAOCV2 من البكتيريا *Burkholderia cepacia* التى تقوم بإذابة الفوسفور غير العضوى وتضاد الفطرين *Fusarium oxysporium* f. sp. *phaseoli*، و *F. solani*، أن ذلك أدى إلى زيادة مستوى الفوسفور فى النباتات بنسبة ٤٤٪، وإلى زيادة محتواها من النيتروجين، مع زيادة أعداد العقد الجذرية التى تكونت بجذورها (Peix وآخرون ٢٠٠١).

- أدى تلقيح بيئة نمو شتلات الفلفل بالبكتيريا *Sinorhizobium* sp. إلى زيادة طول الشتلات ووزنها الجاف عما فى معاملة الكنترول (Russo ٢٠٠٦).

- استفادت نباتات الـ *Vigna mungo* (وهى الـ: black gram) من التلقيح باثنتين من

الـ hypersaline cyanobacterium، هما: *Phormidium tenue*، و *Bradyrhizobium* sp.، فى صورة زيادة فى النمو لم تكن أقل من تلك التى صاحبت التسميد العضوى (سبلة الماشية)، أو الكيميائى (اليوريا) (Karthikeyan وآخرون ٢٠٠٨).

الخمائر

تبين وجود عدة أنواع من الخمائر فى المحيط الجذرى للطماطم والبطاطس والفلفل والخيار تتبع الأجناس:

Torulopsis	*Rhodotorula*	*Candida*
Saccharomyces	*Cryptococcus*	*Debaryomyces*
		Lipomyces

وقد كان أكثرها تواجدًا الجنس *Rhodotorula*.

وأدى تلقيح جذور الطماطم بمخلوط من تلك الخمائر إلى إحداث زيادة جوهرية فى كل من وزن الثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والمحصول الكلى (Abd El-Hafaz & Shehata ٢٠٠١).

ووجد فى الفاصوليا أن تكوين عقد الرايزوبيم الجذرية بسلالات *Rhizobium leguminosarum* bv. *phaseoli* والمحصول يزدادان لدى تلقيح التربة بالخميرة *Saccharomyces cerevisiae* (Mekhemar & Al-Kahal ٢٠٠٢).

الكائنات الدقيقة الفعالة (الـ إى إم)

إن الـ إى إم (EM) هو تحضير تجارى يابانى يحتوى على أكثر من ٦٠ نوعًا من الكائنات الدقيقة الفعالة فى تنشيط النمو النباتى، ولذا .. فإن هذا التحضير يُعرف باسم effective microorganisms.

تنشيط الـ إى إم

يتعين تنشيط التحضير التجارى قبل استخدامه وذلك بتركه ليتخمر لمدة سبعة أيام

فى الجو الدافئ (تزيد المدة إلى ١٠-١٤ يومًا بانخفاض درجة الحرارة) مع الماء والمولاس بنسبة ٩ ماء: ٠,٥ مولاس: ٠,٥ EM بالحجم.

يجب أن تتوفر شروط معينة فى الماء الذى يستخدم عند تحضير الـ EM مع المولاس أو عند رشه على النباتات، كما يلى:

١- ألاّ يحتوى الماء على الكلور الذى يقتل البكتيريا الضارة والمفيدة على حد سواء، علمًا بأن الكائنات الدقيقة التى يحتويها الـ EM يمكنها مقاومة الكلورين حتى تركيز لا يزيد عن ٣ أجزاء فى المليون.

٢- ألا يحتوى الماء على أى فلورين، وهو الذى يوقف أى نشاط إنزيمى حتى ولو كان بتركيز جزء واحد فى المليون.

٣- ألا يحتوى الماء على أى ملوثات كيميائية أو مسببات مرضية.

وأفضل مصادر المياه للاستخدام، هى: مياه الآبار، ومياه الأمطار التى تجمع وتخزن بطريقة مناسبة، ومياه الأنهار. وأقل مصادر المياه صلاحية للاستعمال مع الـ EM هى مياه الشرب نظرًا لما تحتويه من كلورين.

المكونات الميكروبية للـ إى إم

تعتبر البكتيريا القادرة على البناء الضوئى photosynthetic bacteria هى العمود الفقرى للـ EM، حيث تعمل تداوبيًّا synergistically مع الكائنات الدقيقة الأخرى لتوفير احتياجات التغذية للنباتات وتقليص مشكلة الإصابات المرضية.

وتوجد خمس مجموعات ميكروبية تستخدم فى تحضير محاليل الـ EM، وهى كما يلى:

١- البكتيريا التى تقوم بعملية البناء الضوئى:

تُعرف هذه البكتيريا بالإسمين photosynthetic bacteria، و phototrophic bacteria، وهى تعتمد على ذاتها فى تحضير غذائها. تقوم هذه البكتيريا بتمثيل الأحماض الأمينية، والأحماض النووية، والمواد التى تتفاعل بيولوجيًّا، والسكريات،

وذلك من إفرازات الجذور، والمواد العضوية باستعمال الأشعة الشمسية وحرارة التربة كمصادر للطاقة. كما يمكنها استعمال الطاقة من الأشعة تحت الحمراء للأشعة الشمسية بين ٧٠٠، و ١٢٠٠ نانوميتر لإنتاج المادة العضوية، بينما لا يمكن للنباتات ذلك. وتستفيد النباتات من نشاط تلك البكتيريا حيث تمتص النباتات منتجاتها الأيضية مباشرة، كما تُستخدم كمواد أولية لبكتيريا التربة؛ مما يزيد من التنوع البيولوجى لكائنات التربة الدقيقة، وزيادة نشاط الكائنات الدقيقة الأخرى التى توجد بالـ EM.

يؤدى تواجد ونشاط تلك البكتيريا إلى زيادة نشاط الميكوريزا (VAM) فى المحيط الجذرى بسبب توفيرها للمركبات النيتروجينة (الأحماض الأمينية) لاستعمال الميكوريزا، وهى التى تنتج كإفراز للـ phototrophic bacteria. وتؤدى زيادة نشاط الميكوريزا إلى زيادة تيسر الفوسفور فى التربة. ويمكن للميكوريزا أن تتواجد مع بكتيريا الآزوتوباكتر Azotobacter كبكتيريا مثبتة لآزوت الهواء الجوى.

٢- بكتيريا حامض اللاكتيك:

تقوم بكتيريا حامض اللاكتيك lactic acid bacteria بإنتاج حامض اللاكتيك من السكريات، وهو الذى يعد معقمًا قويًا، مما يعنى تثبيط الكائنات الدقيقة الضارة، كما أنه يؤدى إلى زيادة سرعة تحلل المادة العضوية مثل اللجنين والسيليلوز. ويمكن لبكتيريا حامض اللاكتيك تثبيط تكاثر قطر الفيوزاريم.

٣- الخمائر

تقوم الخمائر yeasts بتمثيل مركبات مضادة للكائنات الدقيقة، وذلك اعتمادًا على الأحماض الأمينية والسكريات التى تفرزها الـ photosynthetic bacteria، وعلى المادة العضوية. كذلك فإن المواد النشطة بيولوجيًا مثل الهرمونات والإنزيمات التى تنتجها الخمائر تُحفز الانقسام النشط لخلايا الجذور، كما تستفيد من إفرازاتها الكائنات المفيدة الأخرى، مثل بكتيريا حامض اللاكتيك والأكتينوميستات actinomycetes.

٤- الأكتينوميسيتات

إن الأكتينوميستات actinomycetes كائنات دقيقة تعد وسطًا فى تركيبها بين البكتيريا والفطريات، وتنتج مضادات ميكروبية من الأحماض الأمينية التى تتحصل عليها من الـ photosynthetic bacteria والمواد العضوية. وهذه المضادات الميكروبية تثبط نشاط ونمو البكتيريا والفطريات. ويمكن للأكتينوميسيتات أن تتواجد مع الـ photosynthetic bacteria.

٥- الفطريات المخمِّرة:

من أمثلة الفطريات المخمِّرة fermenting fungi: الـ *Aspergillus*، والـ *Penicillium*، وهى تحلل المادة العضوية سريعًا، منتجة كحول، وإسترات، ومضادات ميكروبية (Golec وآخرون ٢٠٠٧).

طرق المعاملة بالـ إى إم

يمكن المعاملة بالـ EM بأى من الطرق الآتية:

١- معاملة البذور قبل الزراعة بترطيبها، أو نقعها — إن أمكن — فى الـ EM.

٢- معاملة بيئات الزراعة قبل استعمالها فى إنتاج الشتلات أو النمو المحصولى:

تستفيد النباتات — كثيرًا — من تلقيح بيئات الزراعة المعقمة بالـ EM؛ ذلك لأن بيئات النمو المعقمة تكون عرضة أكثر من غيرها لأن تستعمرها المسببات المرضية، بينما يمكن للكائنات الدقيقة المفيدة فى الـ EM القيام بهذا الدور؛ مما يترتب عليه تقليل فرصة الكائنات المرضة فى النمو. ولذلك أهميته فى كل من بيئات المشاتل وبيئات الإنتاج المحصولى فى الزراعات المحمية.

٣- رش الشتلات قبل شتلها، ورش النموات الخضرية فى الحقل:

يُفضل الرش بالـ EM إما فى الصباح الباكر (قبل العاشرة صباحًا) وإما متأخرًا بعد الظهر (بعد الرابعة مساءً). ويفضل أن تكون الحرارة معتدلة (أقل من ٢٧°م) والرطوبة عالية والرياح ساكنة (حتى تكون الثغور مفتوحة)، علمًا بأن وجود الندى على الأوراق

يُساعد فى عملية التغذية الورقية. كما يجب أن يصل محلول الرش إلى السطح السفلى للأوراق.

ويمكن المعاملة رشًا بمخلوط من الـ EM ومستخلص الكمبوست. تستفيد النباتات من الرش بصورة مباشرة، فضلاً عن أن ما يتقاطر على التربة من الـ EM يفيد — كذلك — فى تلقيحها بالكائنات الدقيقة المفيدة. ويفيد تكرار الرش خلال موسم النمو فى توفير حماية للنباتات من الإصابات المرضية.

٤- معاملة التربة:

إن إضافة الـ EM إلى التربة تهئ الظروف الملائمة لنمو ونشاط الكائنات الدقيقة الأخرى المفيدة، والديدان الأرضية للنمو، مما يعيد التوازن للحياة فى التربة. وعندما يقترن ذلك بإضافة المواد العضوية فإن التربة تصبح مثبطة للأمراض والآفات.

عند إضافة الـ EM إلى التربة يتعين بل التربة حتى عمق ٧,٥-١٠سم؛ لضمان وصول الكائنات الدقيقة المفيدة إلى منطقة نمو الجذور.

ويتعين تكرار معاملة التربة بالـ EM خلال السنتين الأولى والثانية من بدء المعاملة لتأمين تواجد أعداد كافية من الكائنات الدقيقة فى التربة، تقلل — فيما بعد — الحاجة إلى تكرار المعاملة عدة مرات سنويًا. ويفضل خلال السنتين الأولى والثانية أن تكون المعاملة بمعدل حوالى ١٥٠ لتر من الـ EM المنشط (أى حوالى ٧,٥ لتر من الـ EM الخام) لكل فدان سنويًا.

٥- معاملة الكمبوست أثناء تجهيزه:

إن إضافة الـ EM إلى الكمبوست أثناء تجهيزه تؤدى إلى خفض نسبة الكربون إلى النيتروجين به إلى ١٥:١ مقارنة بنسبة ١٨:١ التى تكون فى الكمبوست غير المعامل بالـ EM. كذلك يكون الكومبوست المعامل غنيًا بالأكيتنوميستات actinomycetes وبالـ Pseudomonads.

٦- رش نباتات الأسمدة الخضراء قبل قلبها فى التربة؛ لأن ذلك يُعجِّل بتحويل النموات الخضراء إلى دبال.

مزايا المعاملة بالـ إى إم وأمثلة

تفيد المعاملة بالـ EM فى تحقيق المزايا التالية:

١- يفيد الـ EM فى إنتاج الأحماض الأمينية التى تعد مصدرًا بطئ التيسر للآزوت لا يكون سريع الفقد مثلما يكون عليه الحال مع النترات.

٢- بناء تجمعات التربة:

إن تجمعات التربة تتكون من معادن الطين التى تلتصق بعضها ببعض بواسطة الإفرازات التى تنتجها بكتيريا التربة أثناء نشاطها. ومن المعروف أن الـ EM ينتج مستويات عالية من عديدات التسكر، والإنزيمات، والأحماض العضوية، وجميعها يفيد فى بناء تجمعات ثابتة لحبيبات التربة.

٣- قد تلعب الكائنات الدقيقة التى تتوفر فى الـ إى إم دورًا فى حث المقاومة الجهازية فى النباتات ضد بعض الإصابات المرضية.

٤- أدت المعاملة بالـ EM مع المولاس بمعدل ٢,٤ لتر للفدان فى ١٠م^{3} من ماء الرى، ثلاث مرات للبصل، ومرتان للبسلة، وسبع مرات للذرة السكرية إلى زيادة المحصول بنسبة ٢٩٪، و ٣١٪، و ٢٣٪ للمحاصيل الثلاثة، على التوالى (Daly & Stewart ١٩٩٩).

٥- أدت إضافة الـ EM للمادة العضوية فى التربة، بالإضافة إلى رشتين بالـ EM إلى إعطاء أعلى محصول من الفاصوليا والطماطم، وتلت تلك المعاملة – مباشرة وبفروق قليلة فى المحصول – إضافة الـ EM إلى الكمبوست أثناء تجهيزه وقبل إضافته للتربة، مع رشتى الـ EM. ويتضح من ذلك أهمية إضافة الـ EM إلى المادة العضوية أثناء تحللها فى الحقل، وكذلك أهمية الرش بالـ EM (Sangakkara & Marambe ١٩٩٩).

٦- أدت معاملة السماد العضوى المستخدم فى تسميد الطماطم بالـ EM، أو إضافة الـ EM إلى التربة مباشرة إلى زيادة محصول الطماطم وتحسين نوعية الثمار من حيث محتواها من الأحماض العضوية وفيتامين جـ، كما أدت تلك المعاملة إلى زيادة معدل البناء الضوئى بالأوراق (Xu وآخرون ٢٠٠٠).

دراسة تفيد عدم جدوى المعاملة بالـ إى إم

يُستفاد من دراسة أجريت على المعاملة بالـ EM فى هولندا أنـه لم يكـن مـؤثرًا، ولم يكن استعماله مجديًا. كذلك ناقشت الورقة ظروف وطريقة إجراء الدراسـات التـى سـبق إجراؤها على الـ EM وتوصلت إلى أن جميع هذه الدراسات شابها أخطاء فى تصميمها، وأن بعضها لم يخضع لأى تحليل إحصائى؛ بما يعنى عدم صحة النتائج التـى توصـلت إليها (Golec وآخرون ٢٠٠٧).

الـ إى إم بروبايوتك

أنتجت التكنولوجيا اليابانية فى عام ١٩٨٢ منتجًا تجاريًّا آخر يعرف باسـم Pro EM1 Probiotic، وهو يحمل اسمًا شبيهًا بالـ EM، إلا أنه يختلف عنه؛ فهو يختلـف قليلاً فى محتواه من الكائنات الدقيقة، ويحضر بطريقة مختلفة، كما لا يمكـن تنـشيطه مثلما ينشط الـ EM بالمولاس.

ويحتوى الـ Pro EM1 Probiotic على ما لا يقل عن مليون وحدة مكونة للمـستعمرات CFU بكل ملليلتر، من الكائنات الدقيقة التالية:

Lactobacillus plantarum
L. casei
L. fermentus
L. bulgaricus
Saccharomyces cerevisiae
Rhodopseudomonas palustris

الميكوريزا

تعريف الميكوريزا

يطلق اسم ميكوريزا Mycorrhizae (وليس ميكورهيزا، ولا ميكروهيزا) — مجازًا — على مجموعة من الفطريات التى تعرف باسم "Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae" (اختصارًا: VAM). وهى من الفطريات الطحلبية Phycomycetes، وتنتمى إلى عائلة

Endogonaceae، وتعيش معيشة تعاونية مع جذور النباتات. وتعد هذه الفطريات من المتطفلات الإجبارية Obligate Parasites التى لا يمكن زراعتها على بيئات صناعية، فهى لا تنمو إلا مع عوائلها.

وقد ذكرنا أن كلمة "ميكوريزا" تطلق — مجازًا — على هذه الفطريات، ذلك لأنها مصطلح يصف العلاقة بين هذه الفطريات وجذور النباتات الراقية.

وقد جاء المصطلح من علاقة تبادل المنفعة بين الفطريات (الاسم اليونانى mukes)، والجذور الحية (الاسم اليونانى rhiza)، ومن ثم المصطلح "Mycorrhizae".

انتشار الميكوريزا وتطفلها

توجد جراثيم الميكوريزا فى معظم الأراضى، ولكنها لا تنبت إلا عند تواجدها بالقرب من جذور عائل مناسب لها. وإذا لم يخترق الميسيليوم الحديث التكوين جذرًا لأحد العوائل المناسبة فإنه يموت. ولكن ما إن يتصل الفطر بيولوجيًا بجذر عائله إلا ويكوّن نموًا كثيفًا خارج الجذر (عن White ١٩٨٧).

هذا .. ولا يوجد تخصص يذكر من جانب الفطر للمعيشة تعاونيًا مع عوائل معينة، بعكس الحال بين بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى — من جنس *Rhizobium* — والبقوليات.

وبالرغم من توفر الميكوريزا فى جميع أنواع الأراضى، إلا أنها تتفاوت كثيرًا فى كفاءة أجناسها، وأنواعها، وسلالاتها، لذا .. يتعين تلقيح التربة أو النباتات بالأنواع والسلالات العالية الكفاءة منها.

ولقد لوحظ أن فطر الميكوريزا *Glomus deserticola* يبدأ فى تكوين علاقة تبادل المنفعة مع جذور البصل بعد ثلاثة أيام من تلقيح النباتات بالفطر، ويستكمل الفطر توطيد علاقته مع نحو ٥٠٪ من النمو الجذرى بعد ٢١ يومًا. وبالمقارنة .. فإن بداية تكوين الفطرين *G. mosseae*، و *G. intraradices* لعلاقتهما بجذور البصل تتأخر إلى اليوم

الثانى عشر من التلقيح بالفطر، وتصل إلى ١٥٪، و ٣٧٪ فى اليوم الحادى والعشرين — فى الفطرين — على التوالى.

وبينما حسّنت فطريات الميكوريزا نمو البصل فى التربة المعقمة — عندما كان تلقيح التربة بالفطر تحت البذور — فإنها لم تحفز النمو النباتى فى التربة غير المعقمة.

ولا يمكن للميكوريزا (الـ VAM) أن تشكل علاقة مع جذور بعض النباتات، مثل أنواع العائلتين الرمرامية والصليبية، ربما بسبب محتوى إفرازات جذورها، وما قد يوجد بها من سموم للميكوريزا، وربما بسبب زيادة تفاعلاتها الدفاعية ضد استعمار الميكوريزا لجذورها.

تقسيم الميكوريزا

توجد الميكوريزا فى الطبيعة فى ثلاثة طرز؛ كما يلى:

١- ميكوريزا داخلية Endomycorrhizae:

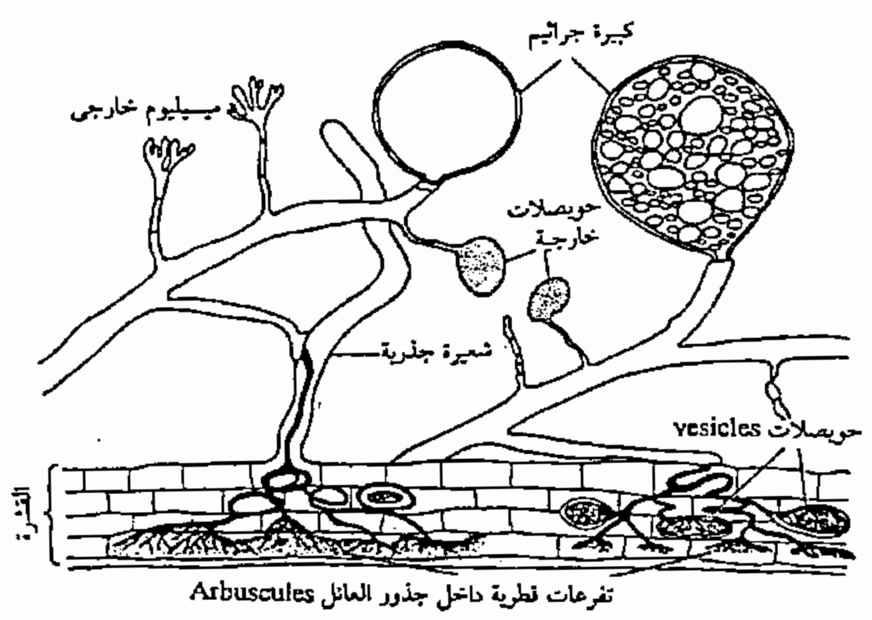
تعد الميكوريزا الداخلية أكثر طرز الميكوريزا شيوعًا فى الطبيعة، وفيها تمتد الهيفات الفطرية من التربة إلى خلايا القشرة بجذور النباتات منتجة تراكيب داخلية تعرف باسم vesicles — وهى حويصلات تخزين — وتراكيب أخرى تعرف باسم arbuscles — وهى تراكيب شديدة التفرع توجد داخل الجذور النباتية — وهى التى تقوم بمهمة تبادل العناصر الغذائية بين الفطر والنبات؛ وذلك هو الطراز الذى يعرف باسم Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae (شكل ٤-٢).

إن الـ Arbuscules عبارة عن تراكيب تتكون داخل الخلايا النباتية — تشبه الممصات — وتنشأ بتكرار الانقسام الثنائى الشعبة لهيفات الفطر. وهى تراكيب يمكن مشاهدتها بالميكروسكوب الضوئى. ولا تُعمِّر طويلاً، حيث تبقى لفترة تتراوح بين أسبوع واحد وثلاثة أسابيع.

٢- ميكوريزا خارجية Ectomycorrhizae:

تكوّن فطريات الميكوريزا الخارجية نموًا كثيفًا يغطى جذور النباتات بسمك ٠,٠٥مم،

وتغزو المسافات بين خلايا القشرة، مكونة شبكة تعرف باسم Hartig Net، ولكنها لا تختــرق خـلايا النبات العائل. وعند تواجـد هذه الفطريات وارتباطها بالعائل تختفى الشعيرات الجذرية تمامًا، حيث تقوم بعملها الهيفات الفطرية (عن Nadakavukaren & McCracken ١٩٨٥).



شكل (٤-٢) نمو الـ Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae خارج وداخل خلايا العائل (عن White ١٩٨٧).

تتعايش هذه الفطريات بكثرة مع جذور الأشجار؛ مثل الصنوبريات، والكافور، والحور وغيرها، وتلعب دورًا كبيرًا فى امتصاص العناصر الغذائية من التربة وتوفيرها للنبات.

٣- ميكوريزا خارجية داخلية Ectendomychorrhizae:

وفيها يظُهر الفطر جانبًا من صفات كلّ من الميكوريزا الداخلية والخارجية معًا.

وقد بنى التقسيم السابق للميكوريزا على أساس قدرة الفطر على اختراق خلايا العائل، وتكوين مختلف التراكيب.

وبناء على تقسيم أحدث من التقسيم المتقدم، فإن الميكوريزا تُقسم إلى سبعة طرز، هي:

Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae

Ectomycorrhizae

Ectendomycorrhizae

Arbutoid Mycorrhizae

Eriicoid Mycorrhizae

Monotropid Mycorrhizae

Orchid Mycorrhizae

وتعد الـ Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae (اختصارًا: VAM) الطراز الوحيد المعروف في محاصيل الخضر، وهي تتميز بجميع صفات الميكوريزا الداخلية التي سبق بيانها في التقسيم السابق.

ويعني بالـ VAM – كما أسلفنا – "العلاقات الميكوريزية التي تنشأ بين فطريات طحلبية Phycomycestes من عائلة Endogonaceae والنباتات".

وتنتمي فطريات الـ VAM إلى خمس أجناس، هي: *Acaulospora*، و *Entro-phospora*، و *Gigaspora*، و *Glomus*، و *Sclerocystis* (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

أهمية الميكوريزا

لوحظت علاقة تبادل المنفعة بين فطريات الميكوريزا ومعظم النباتات الراقية (وحتى بعض النباتات الدنيئة)، بما في ذلك معظم الخضر – ما عدا الصليبيات والرمراميات – إلى درجة أن بعض الخضر لا يمكنها النمو بصورة طبيعية في غياب الميكوريزا. ومن أكثر الخضر اعتمادًا على الميكوريزا في نموها: البصل (الذي لا تحتوي جذوره على كثير من الشعيرات الجذرية)، والطماطم، والبطاطس، واللوبيا، والذرة السكرية، وفول الصويا.

يقوم النبات بتوفير المواد الكربوهيدراتية — وربما الفيتامينات - للفطريات، بينما يستفيد النبات — بدوره — من هذه الفطريات؛ إذ إنها تعمل على:

١- زيادة معدل امتصاص العناصر من التربة — سواء أكانت فى صورة ميسرة، أم غير ميسرة لامتصاص النبات — ثم نقلها إلى النبات، وخاصة عناصر: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والكبريت، والزنك، والنحاس، والموليبدنم.

٢- زيادة مقاومة النباتات للأمراض؛ فقد وجد — مثلاً — أن فطر الميكوريزا *Glomus fasciculatum* أحْدَثَ تراكمًا للفيتوألاكسينات Phytoalexins (وهى مركبات توقف أو تثبط نمو مسببات الأمراض فى الأنسجة المصابة)، فى جذور البسلة؛ مما أدى إلى مقاومتها للفطر *Fusarium oxysporum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى.

٣- زيادة تحمل النباتات لظروف الملوحة والجفاف.

٤- زيادة قدرة البقوليات على تثبيت آزوت الهواء الجوى (عن Miller وآخرين ١٩٨٦، و Sundaresan & Gunasekaran ١٩٩٣).

٥- إفراز بعض منظمات النمو التى تحفز النمو النباتى.

٦- توفير حماية للنباتات من التسمم بالتركيزات العالية من العناصر المغذية الضرورية بما تفرزه من مركبات قد تكوّن تراكيب معقدة من تلك العناصر وتجعلها غير ميسرة للنبات.

وتزداد أهمية الميكوريزا للنباتات فى الأراضى الفقيرة عنها فى الأراضى الخصبة، وخاصة فى المناطق الاستوائية.

إن فطريات الميكوريزا (VAM) تُحسِّن النمو النباتى من خلال زيادة امتصاص النباتات للفوسفور، وخفض الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، وزيادة قدرة النمو النباتى والبقاء، وتقليل أضرار الشتلات. ويوجد حد أدنى لعدد جراثيم الميكوريزا التى تجب إضافتها لكل نبات، وقد قدر هذا العدد فى الفراولة بنحو ٧٥٠ جرثومة من الفطر *Glomus intraradices* (De Silva وآخرون ١٩٩٦).

أهمية الميكوريزا فى توفير العناصر الضرورية للنبات وتحسين النمو والمحصول

إن الهيفات الخارجية التى تغطى الجذور توفر زيادة فى حيز التربة الذى تُمتص منه العناصر. كما أن ميسيلوم الفطر يقوم بتخزين الفوسفور فى أنسجته إلى أن يحصل عليه النبات عند نقص العنصر. هذا بالإضافة إلى أن الجذور التى تكون على اتصال بالميكوريزا تعيش لفترة أطول، وتستمر فى امتصاص الفوسفور لفترة أطول إذا قورنت بالجذور التى ليست على اتصال بالميكوريزا.

ويمكن لفطريات الميكوريزا الحصول على الفوسفور من مصادر عضوية غير ميسرة لامتصاص النبات؛ فمثلاً .. استجابت نباتات الطماطم - المتصلة بفطر الميكوريزا - جيدًا للتسميد بكميات ضئيلة من مسحوق العظام غير الذائب نسبيًّا. ولم تحدث استجابات مماثلة لنباتات الطماطم - غير المتصلة بفطر الميكوريزا - إلا بعد إضافة كميات من مسحوق العظام بلغت ١٦ ضعف الكمية السابقة.

ويبدو أن هيفات الفطر تلعب دورًا نشطًا - يعتمد على بذل الطاقة - فى امتصاص الفوسفور من التربة (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

ويتفق العلماء المشتغلون بالميكوريزا Mycorrhizasts على أن الزيادة فى النمو النباتى التى تلاحظ على النباتات التى تعيش تعاونيًّا مع فطريات الميكوريزا مردها إلى توفر الفوسفور للنباتات.

وتفرز الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة إنزيمات تساعد على تحلل المواد العضوية وتيسر ما يوجد فيها من عناصر، مثل عنصر الفوسفور الذى يتيسر منها بفعل إنزيم Phosphatase. كما أن الميكوريزا تفرز كذلك "جزيئات حاملة carrier molecules" تكوّن معقدات مع مختلف الذرات أو الجزيئات؛ فيكون من السهل على النباتات امتصاصها (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤).

وللميكوريزا أهمية خاصة بالنسبة لأشجار الغابات، حيث توفر لها معظم احتياجاتها من العناصر المغذية من صور تلك العناصر غير الميسرة لامتصاص النبات التى توجد فى

التربة. ولا يمكن لبعض الأنواع النباتية – مثل الصنوبريات – النمو فى غياب الميكوريزا. وعند زراعة هذه الأشجار فى أرض جديدة – لم تكن مزروعة بالصنوبريات من قبل – يتعين تلقيحها بميكوريزا من أرض تنمو فيها صنوبريات.

وقد أثبتت دراسات Babu وآخرون (١٩٨٨) على الفلفل أن عدوى النباتات فى المشتل بأى من فطريات الميكوريزا *Gigaspora calospora*، أو *Gigaspora margarita*، أو *Glomus fasciculatum* يمكن أن تؤدى إلى الاستغناء عن ٥٠٪–٧٥٪ من الأسمدة الفوسفاتية الموصى بها.

وتوجد علاقة سالبة بين كمية الفوسفور الميسرة لاستعمال النبات فى التربة ومدى قدرة فطريات الميكوريزا على توطيد علاقتها البيولوجية بالنبات (White ١٩٨٧).

فمثلاً .. وجد Waterer & Coltman (١٩٨٨) أن زيادة مستوى الفوسفور الميسر لبادرات الطماطم والبصل – إما بزيادة توفير الفوسفور، وإما بتقليص الفترة بين إضافات الفوسفور – أدت إلى زيادة الوزن الطازج للنباتات، وتركيز الفوسفور بالنمو الخضرى، ولكنها أثرت – سلبًا – فى إصابة الجذور بفطر الميكوريزا *Glomus aggregatum*. كما أن العدوى بالفطر أنقصت الوزن الطازج للنمو الخضرى للطماطم عندما كان مستوى توفر الفوسفور عاليًا.

وربما يُفسّر هذا المسلك لفطريات الميكوريزا تعرض النباتات المسمدة جيدًا بالفوسفور فى الأراضى القلوية – لنقص عنصر الزنك والنحاس، حيث لا تتوفر حينئذٍ – مع التسميد الفوسفاتى الجيد – الميكوريزا التى يمكنها توفير الزنك والنحاس للنباتات (عن White ١٩٨٧).

وقد أجرى Khasa وآخرون (١٩٩٢) دراسة على ١٩ نوعًا نباتيًا من الأنواع المزروعة فى زائير، تبين منها استجابة جميع الأنواع – ما عدا القطيفة amaranth – للتلقيح بالميكوريزا الداخلية Endomycorrhizal fungi تحت ظروف الحقل. واعتمد النمو الطبيعى لثمانية أنواع منها – بشدة – على تواجد الميكوريزا، وقد تضمنت القائمة –

من محاصيل الخضر — فاصوليا اليام الأفريقية *Sphenostylis stenocarpa*، وفاصوليا المنج *Vinga vexillata*، والبصل، والبطاطا، والطماطم، والكاسافا.

وتؤكد دراسات Azcón-Aguilar وآخرون (١٩٩٣) تساوى محصول نباتات البصل الملقحة بفطر الميكوريزا *Glomus fasciculatum* وغير المسمدة بالفوسفور مع تلك التى لم تلقح بالفطر، ولكنها حصلت على مستوى معين من السماد الفوسفاتي. وإلى جانب ذلك .. كان تركيز النيتروجين ومحتواه في النموات الخضرية للنباتات الملقحة بالميكوريزا أكثر مما في النباتات غير الملقحة والمسمدة بالفوسفور. وقد استنتج الباحثون أن فطريات الميكوريزا قادرة على الاستفادة من النيتروجين المتوفر في مصادر أقل تيسرًا للنباتات.

كما أكدت دراسات Tobar وآخرون (١٩٩٤) على الخس أن فطرى الميكوريزا *Glomus mosseae*، و *G. fasciculatum* يعملان على زيادة قدرة النبات على امتصاص النيتروجين والفوسفور في ظروف الجفاف.

كذلك وجد Martensson & Rydberg (١٩٩٤) اختلافًا بين أصناف البسلة فى استجابتها للفطرين *Glomus fasiculatum*، و *G. caledonium*؛ حيث وجدت علاقة سالبة بين معدل الإصابة بأى من الفطرين وطول الجذور.

وكان الارتباط واضحًا بين الإصابة وكلٍّ من امتصاص النباتات للنيتروجين فى المراحل المبكرة للنمو (وليس فى المراحل المتأخرة)، وامتصاصها للفوسفور فى المراحل المتأخرة للنمو (وليس فى المراحل المبكرة).

وقد أدت معاملة جذور الخيار بالميكوريزا إلى زيادة معدل البناء الضوئى للأوراق، وارتبطت تلك الزيادة بزيادة محتوى الأوراق من عنصر الفوسفور، وليس لأن الميكوريزا أصبحت مستودعًا للغذاء المجهز (Black وآخرون ٢٠٠٠).

وأدت معاملة بيئة إنتاج شتلات الخيار والفلفل بفطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى إحداث زيادة كبيرة معنوية فى نمو الشتلات، تمثلت — عندما كانت

الشتلات جاهزة للشتل وهى بعمر ١٨، و ٣٠ يومًا من الزراعة لكل من الخيار والفلفل – على التوالى — فى ٢٣,٨٪، و ١٧,٢٪ زيادة فى ارتفاع الشتلات، و ٩٦,١٪، و ٥٠٪ زيادة فى المساحة الورقية للشتلات، و ٢٤,٧٪، ٢٨,٦٪ فى الوزن الجاف للشتلات. وقد نمت تلك الشتلات بقوة أكبر، وكان محتواها من الكلوروفيل أعلى مما فى شتلات الكنترول. وعندما شُتلت بادرات الخيار فى صوبة تجارية كانت النباتات أكثر مقاومة للذبول الطرى الذى تسببه فطريات الـ .*Pythium* spp، و *Rhizoctonia solani* (Inbar وآخرون ١٩٩٤).

كما أدت المعاملة بالمكيوريزا *Glomus intraradices* إلى إحداث تحسن واضح فى النمو النباتى للمحاصيل التى عوملت بها، والتى شملت الخس، والفراولة، والهندباء (Di Bonito وآخرون ١٩٩٥).

كذلك حققت المعاملة بفطريات الميكوريزا (VAM) زيادة فى المحصول قدرت بنحو ٧٠٪ فى البصل، و ٤٨٪ فى البطاطس، و ٣٠٪ فى الثوم، علمًا بأن استعمار الميكوريزا للجذور بلغ فى تلك الدراسة ٨٥٪ فى البصل، و ٦٥٪ فى كل من البطاطس والثوم (Gaur & Adholeya ٢٠٠٠).

وأدى تلقيح التربة بفطرى الميكوريزا *Trichoderma harzianum*، و *T. viride* إلى تحسين نمو البصل ووزنه الطازج جوهريًا، ولكن التلقيح لم يكن مؤثرًا بصورة جوهرية فى مكافحة الفطر *Sclerotium cepivorum* المسبب للعفن الأبيض (Payhami وآخرون ٢٠٠١).

أهمية الميكوريزا فى تحمل النباتات للملوحة والجفاف

درس Rosendahl & Rosendahl (١٩٩١) تأثير سلالات من الفطر .*Glomus* spp فى قدرة نباتات الخيار على تحمل الملوحة (٠,١ مللى مول من كلوريد الصوديوم)، ووجدا أن سلالتين منها كانتا قادرتين على حماية النباتات من أضرار الملوحة، ولكن ذلك التأثير لم يكن مرتبطًا بالتأثير المحفز لتلك السلالات على النمو الخضرى لنباتات الخيار.

وأدت الميكوريزا المتحصل عليها من الأراضى غير الملحية إلى تحسين نمو نباتات الطماطم، بينما أدت تلك المتحصل عليها من الأراضى الملحية إلى إضعاف النمو النباتى الجذرى والخضرى على الرغم من خفضها لمستوى الكلورين فى الأوراق فى المستويات المتوسطة من الملوحة، مما يعنى احتمال أن يكون لها دور فى تحمل النباتات للملوحة تحت تلك الظروف (Copeman وآخرون ١٩٩٦).

وتفيد معاملة نباتات الخس بفطرى الميكوريزا *Glomus deserticola*، و *G. fasciculatum* فى جعلها أكثر تحملاً لظروف الجاف، ويعتقد أن ذلك التأثير للميكوريزا كان مرده إلى خفضها للنقص الذى أحدثته حالة الجفاف فى نشاط الإنزيم nitrate reductase فى النباتات (Ruiz-Lozano & Azcón ١٩٩٦).

كذلك أدت معاملة الخس بنفس الفطرين (*Glomus mosseae*، و *G. fasciculatum*) إلى زيادة تحمله لملوحة التربة، وبدا أن ذلك التأثير للميكوريزا مرده إلى زيادتها لمعدل العمليات الفسيولوجية فى النباتات، مثل: معدل تبادل ثانى أكسيد الكربون، والنتح، وتوصيل الثغور، وكفاءة استخدام الماء، وليس إلى تحسين امتصاص العناصر مثل النيتروجين، والفوسفور (Rùiz-Lozano وآخرون ١٩٩٦).

وتبين من دراسات أجريت على تلقيح جذور شتلات الخس والبصل بفطريات ميكوريزا قبل شتلها فى أرض ملحية تباينت شدة ملوحتها بين ٢ ديسى سمينز/م (الكنترول) إلى ١٢ ديسى سيمنز/م أن ذلك التلقيح أحدث زيادة جوهرية فى نمو المحصولين مع زيادة فى محتوى الأوراق من الكلوروفيل فى كل مستويات الملوحة، بينما تقزمت نباتات البصل غير الملقحة بالميكوريزا بسبب تعرضها لنقص الفوسفور. ولم تكن عزلات الميكوريزا المتحصل عليها من أرض ملحية أكثر كفاءة فى تقليل أضرار الملوحة عن تلك التى حُصِلَ عليها من أرض غير ملحية. هذا .. إلا أن درجة استعمار الميكوريزا لجذور الخس والبصل انخفضت بزيادة ملوحة التربة (Cantrell & Linderman ٢٠٠١).

طرق التلقيح بفطريات الميكوريزا

تتوفر حاليًا طريقتان للتلقيح بفطريات الميكوريزا؛ هما: استعمال الجذور المصابة بالفطر، واستعمال التربة التى توجد بها الجراثيم الكلاميدوسبورية للفطر بمعدل نحو ١٠ جم منها لكل نبات. وتعد الطريقة الأولى أكثر كفاءة فى إحداث الإصابة بالفطر.

ويمكن إضافة الملقّح بعدة طرق؛ فالخضر التى تزرع فى المشتل أولاً يمكن تلقيحها بسهولة قبل نقلها إلى الحقل الدائم. أما الخضر التى تزرع مباشرة فى الحقل الدائم فإنها تلقح عن طريق البذور، أو بإضافة الملقح إلى التربة عند زراعة البذور، وقد ينثر الملقح على سطح التربة بعد خلطه بالحبوب الصغيرة، ولكنها طريقة قليلة الكفاءة وغير عملية.

وقد يمكن إضافة الملقّح عند زراعة البذور وهى محمولة فى سوائل، ولكن هذه الطريقة لم تُطور بعد.

ويتطلب نجاح التلقيح عدم وجود أية منافسة من الكائنات الدقيقة الأخرى على جذور النباتات — فى التربة المحيطة بالجذور rhizosphere soil — بعد التلقيح بالفطر، مع عدم وجود آثار متبقية للمبيدات التى سبق استخدامها فى التربة.

إن فطريات الـ VAM لا تعيش إلا لفترات قصيرة عند تخزينها أو نقلها من مكان إلى آخر. ويمكن زيادة قدرتها التخزينية، ولكن ذلك قد يقلل كثيرًا من قدرتها على تكوين علاقة بيولوجية مع النبات.

كما أنه من الضرورى إعادة زراعة فطريات الـ VAM — مع النباتات — فى أصص لتجديد المزارع.

ومقارنة بالنباتات المعمرة .. فإن محاصيل الخضر — وهى محاصيل قصيرة العمر — قد لا يناسبها العدوى بفطريات الـ VAM — لأسباب اقتصادية — باستثناء الحالات التى تستجيب فيها الخضر كثيرًا للعدوى بالـ VAM (عن Miller وآخرون ١٩٦٨).

العوامل المؤثرة فى قدرة فطريات الميكوريزا على الاتصال بيولوجياً بالنباتات

تتأثر قدرة فطريات الميكوريزا على الاتصال بيولوجيًا بالنباتات بالعوامل التالية:

١- النوع النباتى .. حيث تفشل بعض الخضر – مثل الصليبيات والزراميات – فى تكوين علاقة بيولوجية مع فطريات الـ VAM. ويبدو أن النباتات ذات الجذور القليلة السميكة غير المتفرعة – كما فى البصل والموالح – تكون أكثر اعتمادًا على فطريات الميكوريزا من النباتات ذات الجذور الكثيرة الدقيقة والشعيرات الجذرية الطويلة.

٢- الصنف .. حيث يدل عديد من الدراسات على وجود تباينات كثيرة بين أصناف النوع الواحد فى قدرتها على تكوين علاقات وثيقة مع فطريات الميكوريزا. ويعد ذلك نوعًا من التفضيل preference بين العوائل والفطر، وليس تخصصًا specialization لفطريات معينة على عوائل معينة.

٣- التباينات بين أنواع وسلالات فطريات الميكوريزا من حيث كفاءتها فى تكوين علاقة تبادل منفعة قوية مع النباتات.

٤- خصوبة التربة والتسميد:

يؤدى توفير الفوسفور للنباتات – وسواء أكان ذلك عن طريق التربة، أم عن طريق النموات الخضرية – إلى إضعاف العلاقة البيولوجية بينها وبين فطريات الميكوريزا.

كما يؤدى التسميد الآزوتى الجيد – كذلك – إلى إضعاف نمو وتجرثم فطريات الميكوريزا.

وتقل كفاءة فطريات الـ VAM فى تكوين علاقة تبادل منفعة مع النباتات فى الأراضى الخصبة بصورة عامة، كما فى معظم الأراضى الزراعية.

٥- درجة الحرارة:

تزداد قدرة فطريات الـ VAM على تكوين علاقة تبادل المنفعة – مع النباتات – مع ارتفاع درجة الحرارة إلى ٣٠°م.

٦- شدة الإضاءة:

تزداد صلة تبادل المنفعة (بين فطريات الـ VAM والنباتات) قوة مع زيادة شدة الإضاءة؛ حيث يزداد معدل البناء الضوئى اللازم لمواجهة احتياجات الفطر من الغذاء المجهز.

وقد وجد أن تكوين الفاصوليا لعلاقات تبادل المنفعة مع كل من فطريات الميكوريزا وبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى معًا – مقارنة بالتعايش مع بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فقط – أدى إلى زيادة فى كلٍّ من النمو، وتكوين العقد الجذرية، ومعدل تثبيت آزوت الهواء الجوى، ومحتوى العقد والنباتات من كلٍّ من الـ leghemoglobin، والفوسفور، والبروتين الكلى. كما حُصِلَ على نتائج ماثلة لتلك النتائج فى اللوبيا.

هذا .. إلا أنه لم تتحقق تلك الاستفادة من تواجد فطريات الميكوريزا وبكتيريا الرايزوبيم – معًا – إلا عندما كانت الإضاءة قوية؛ حيث تمكنت النباتات البقولية من الارتفاع بمعدلات البناء الضوئى لمواجهة احتياجات كلا الكائنين المتعايشين معًا تعاونيًّا (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

وفى دراسة أجريت على الميكوريزا (VAM) فى الخس وجد ما يلى:

١- انخفض استعمار فطريات الميكوريزا مع زيادة استعمال المبيدات والأسمدة الكيميائية الفوسفاتية والنيتروجينية.

٢- ارتبط استعمار فطريات الميكوريزا لجذور الخس إيجابيًّا مع إضافة المواد العضوية للتربة، وتواجد عوائل أخرى للميكوريزا فى الدورة، ومع زيادة نسب الكربون إلى الفوسفور، والكربون إلى النيتروجين فى التربة.

٣- ارتبطت أعداد جراثيم الـ VAM فى التربة بقوة مع عدد العوائل الأخرى فى الدورة، ومع تواجد العوائل من الحشائش، بينما ارتبطت أعداد الجراثيم سلبيًّا بزيادة محتوى التربة الكلى من النيتروجين والكربون والفوسفور، وكذلك مع زيادة السعة التبادلية الكاتيونية (Miller & Jackson ١٩٩٨).

ومن المعروف أن نمو الميكوريزا يُثبَّط في مخاليط الزراعة التى تحتوى على نسب مختلفة من البيت موس. وكان يعتقد بأن مرد ذلك هو احتواء تلك المخاليط على تركيزات عالية من الفوسفور، الذى يثبط المعيشة التعاونية بين الميكوريزا وأنسجة الجذور، ولكن أُقترح – كذلك – أن البيت ربما يُسهم فى هذا التثبيط. وفى دراسة استخدم فيها نوعا الميكوريزا *Glomus deserticola*، و *Gigaspora rosea*، وجد أن استخدام مصادر مختلفة للبيت يمكن أن يثبط أو يحفز نمو الميكوريزا بدرجات مختلفة للنوعين المختبرين (Linderman & Davis ٢٠٠٣).

وكما أسلفنا .. فإن العناصر الغذائية المتوفرة فى التربة تلعب دورًا هامًّا فى نشاط الميكوريزا واستعمارها لجذور النباتات، ونلقى – فيما يلى – مزيدًا من الضوء على هذا الموضوع:

- إن مستوى توفر العناصر المغذية للنبات قد يثبط استعمار الميكوريزا للجذور أو يحفزه. فمثلاً .. ينخفض استعمار الميكوريزا للجذور عندما يكون مستوى الفوسفور شديد الانخفاض، حيث قد يؤدى النقص الشديد للفوسفور إلى الحد من نمو الفطر ذاته، ومع زيادة مستوى الفوسفور، يزداد كل من النمو الجذرى، ونسبة الجذور التى يستعمرها الفطر إلى أن يصل مستوى الفوسفور إلى الحد الأمثل، حيث ينخفض بعدها معدل استعمار الميكوريزا للجذور بدرجات متفاوتة تختلف باختلاف نوع الميكوريزا، والنوع المحصولى.

- كذلك تؤدى زيادة توفر النيتروجين إلى خفض معدل الإصابة بالميكوريزا، وخاصة إذا ما اقترن ذلك بزيادة فى مستوى الفوسفور، وعندما يكون توفر النيتروجين على صورة أمونيوم. ويعتقد أن النقص فى نسبة الجذور التى تستعمرها الميكوريزا تحت هذه الظروف يكون مرده إلى زيادة معدل نمو الجذور عما يمكن لنمو الميكوريزا أن يواكبه (Marschner ١٩٩٥).

- وقد استعمرت الميكوريزا *Glomus intraradices* جذور الخيار فى مستويات مختلفة من التسميد الآزوتى، ولكن العلاقة بين الفطر والجذور كانت أقوى ما يمكن فى

المستوى المنخفض من النيتروجين، وأوضحت الدراسة أن مرد ذلك كان زيادة امتصاص النيتروجين عن طريق الغزل الفطرى الخارجى (Johansen وآخرون ١٩٩٤).

● ويعد توفر الكالسيوم – وعدم تنافس المغنيسيوم معه على الامتصاص – ضروريًا لاستعمار الميكوريزا للجذور بصورة جيدة (Jastefer وآخرون ١٩٩٨).

● ويعتقد بأن الميكوريزا (الـ VAM) ربما تُحور أيض الفينولات فى الجذور؛ مما يعوق إنتاج الإثيلين وقدرة الجذور على إنفاذ استجابة دفاعية ضد الميكوريزا. وربما يؤدى توفير الفوسفور من مصادر غير حيوية إلى تجديد قدرة الجذور جزئيًا على إنتاج الإثيلين؛ الأمر الذى قد يُزيد من مقاومتها للميكوريزا (McArthur & Knowles ١٩٩٢).

مستخلصات الطحالب البحرية

يمكن استعمال مستخلصات الطحالب البحرية كمغذيات، كما يُعتقد بأنها توفر للنبات منظمات نمو طبيعية مثل السيتوكينينات والأوكسينات، ومحفزات نمو بيولوجية أخرى، مثل البيتينات betaines، والبولى أمينات polyamines، وقليلات التسكر oligosaccharides التى يمكن أن تُحسّن المقاومة النباتية أو التحمل لظروف الشدّ البيئى، والأمراض والحشرات. لكن لا يجب استخدام المستخلصات منفردة، وإنما كإضافة لبرامج الخدمة المحصولية العادية (Norrie & Hiltz ١٩٩٩).

تتباين كثيرًا مستخلصات الطحالب البحرية فى محتواها، ولكنها قد تحتوى على ١٪ حديد، و ٠,٥٪ زنك، و ٠,٥٪ منجنيز، و ٨٪ مادة عضوية، و ١٣٪ خلاصة حامض الهيوميك.

إن الطحالب البنية غنية بالسيتوكينين الذى يحفز إنتاج مضادات الأكسدة، التى توفر – بدورها الحماية للنباتات من بعض الظروف البيئية القاسية، فضلاً عن تنشيط السيتوكينين ذاته للنمو الجذرى والخضرى، وتحفيزه لعملية البناء الضوئى، وتأخيره للشيخوخة (O'Dell ٢٠٠٣).

وقد قام Vavrina وآخرون (٢٠٠٤) باختبار تأثير عدد من المنتجات التجارية التي تُسوَّق على أنها مستحثات للمقاومة الجهازية وللنمو النباتي على نباتات الطماطم، وتبين من تلك الدراسة أن المعاملة بالتحضير التجاري Keyplex 350DP plus Nutri-Phite أحدثت زيادة في النمو مقدارها ١٤,٣٪، وتحسين في حالة الجذور – مقارنة بمعاملة الكنترول – بعد تعرض النباتات للإصابة بالنيماتودا.

وتبين من دراسة أجريت على فاصوليا تبارى (*Phaseolus acutifolius*) رُشت فيها النباتات بمستخلص الطحلب البحرى البنى *Eclonia maxima* أن المعاملة أدت إلى زيادة وزن البذور – خاصة تحت ظروف الشدّ الغذائى – وأن المستخلص لم يكن – فقط – مغذيًا، وإنما كان – كذلك – منشطًا بيولوجيًا (Beckett وآخرون ١٩٩٤).

كما أدت معاملة الطماطم والفاصوليا – وكذلك القمح والذرة والشعير – بمستخلص الطحلب البحرى *Ascophyllium nodosum* رشًا على الأوراق أو بالإضافة إلى التربة إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل. وقد تبين أن ذلك التأثير للمستخلص كان مرده إلى محتواه من البيتين betaine (Blunden وآخرون ١٩٩٦).

ويستدل من دراسات أجريت على الخس أن التأثير المنشط لإثنين من مستخلصات الطحالب البنية (هما الطحلبان: *Ascophyllum nodosum*، و *Laminaria hyperborca*) مرده إلى ما تحتويه تلك المستخلصات من عنصر البوتاسيوم، وليس إلى أى محتوى عضوى لها من منشطات للنمو (Moller & Smith ١٩٩٨).

وفي المقابل .. فقد أوضحت بعض الدراسات أن المعاملة بمستخلصات الطحالب البحرية ليست دائمًا إيجابية، كما يلي:

● ذُكر أن مستخلصات الطحالب البحرية التي تحتوى على تركيزات عالية من السيتوكينيات تُنشط نمو عديد من الأنواع النباتية، لكن ليس مع كل الأنواع. وقد أوضحت دراسة أجريت على الفاصوليا والطماطم أن المعاملة الأرضية أو رشًا بمستخلص أحد الطحالب البحرية الذى يحتوى على سيتوكينين أدت إلى زيادة قدرة دودة القطن

الصغرى *Spodoptera exigua* على النمو، كما كان للمعاملة — أحيانًا — تأثيرات سلبية على النمو النباتي (Reitz & Trumble ١٩٩٦).

● دُرس تأثير بعض مستخلصات الطحالب البحرية على نمو ومحصول عدد من محاصيل الخضر، كان منها: البسلة والفاصوليا، والبطاطس، والكرنب، والذرة السكرية، والخيار، ولكن لم يتبين وجود تأثير إيجابي لأى من المستخلصات (والتى تضمنت المستخلصين التجاريين Maxicarp، و Micro-Mist، ومستخلص للطحلب *Ascophyllum nodosum*) على أى من الخضر. ليس هذا فقط، بل كان للتركيزات العالية من *A. nodosum* تأثيرات سلبية قليلة على المحصول (Warman & Munro-Warman ١٩٩٣).

● كذلك وجد أن رش نباتات الطماطم بأى من مستخلص الطحالب البحرية، أو مسحوق الأسماك لم يحسن من المحصول أو صفات جودة ثمار الطماطم المنتجة عضويًا (Tourte وآخرون ٢٠٠٠).

المركبات الحيوية

مزايا المعاملة بأحماض الهيوميك

تحقق المعاملة بأحماض الهيوميك الفوائد التالية:

أولاً: الفوائد الفيزيائية:

١- زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالرطوبة.

٢- زيادة تهوية التربة.

٣- جعل التربة أنسب لعمليات الخدمة.

٤- المساعدة فى تحمل النباتات لظروف الجفاف.

٥- تحسين مراقد البذور.

٦- جعل التربة المتماسكة أكثر قابلية للتفتت.

٧- تقليل تعرية التربة.

ثانيًا: الفوائد الكيميائية:

١- الاحتفاظ بالعناصر السمادية الذائبة فى منطقة نمو الجذور وإطلاقها للنباتات عند حاجتها إليها.

٢- تحفيز تحول بعض العناصر إلى صور ميسرة للنباتات.

٣- تكون ذات سعة تبادلية كاتيونية عالية جدًا.

٤- تسهم فى تحلل الصخور والمعادن.

٥- تزيد من احتفاظ التربة بخصائصها الكيميائية (مثل الـ pH) دون أن تحدث بها تغيرات ملموسة.

٦- تقوم بخلب أيونات المعادن فى الظروف القلوية.

ثالثًا: الفوائد البيولوجية:

١- تحفز النمو النباتى بإسراعها للانقسام الخلوى؛ مما يزيد من معدل نمو الجذور، ومن ثم زيادة المحصول.

٢- زيادة سرعة ونسبة إنبات البذور.

٣- زيادة محتوى النباتات من الفيتامينات.

٤- زيادة نفاذية الأغشية الخلوية؛ مما يُسرع امتصاص النباتات للعناصر.

٥- تحفيز النمو الجذرى، خاصة طوليًا.

٦- زيادة معدل تنفس الجذور وتكوينها.

٧- تحفيز نمو وتكاثر الكائنات الدقيقة من بكتيريا وخمائر وفطريات.

٨- تساعد فى زيادة البناء الضوئى.

٩- تحفيز نشاط الإنزيمات النباتية.

ولقد أدت إضافة أحماض الهيوميك المتحصل عليها من الـ vermicompost (وهو الكومبوست الناتج من نشاط الديدان الأرضية earthworms على المخلفات العضوية) إلى المزارع اللاأرضية الصلبة لكل من الطماطم والخيار إلى تحسين نموهما جوهريًا — بصورة مطردة — بزيادة معدلات إضافة أحماض الهيوميك حتى ٥٠-١٠٠ مجم/كجم من بيئة

الزراعة، ولكن انخفض نموهما جوهريًا — بعد ذلك — بزيادة تركيز أحماض الهيوميك حتى ٥٠٠–١٠٠٠ مجم/كجم من بيئة الزراعة. وربما ترجع تلك التأثيرات المتناقضة إلى وجود تأثير منشط شبيه بتأثير الهرمونات لأحماض الهيوميك، أو لادمصاص الهرمونات النباتية على تلك الأحماض (Atiyeh وآخرون ٢٠٠٢).

ووجد أن معاملة الطماطم — عن طريق التربة — بكل من أحماض الهيوميك والأحماض الأمينية تحفز امتصاص النباتات للحديد المخلوب على FeEDDHA، وتُحسِّن امتصاص الفوسفور، فضلاً عن أنها تقلل مستويات الصوديوم في الأوراق، بما يعني زيادة النباتات للملوحة (Sánchez وآخرون ٢٠٠٥).

كما أدت إضافة المواد الدبالية على صورة محلول سائل (المنتج التجارى Hymifirst) للتربة إلى إحداث تأثيرات إيجابية على محصول البطاطس من الدرنات والمادة الجافة، مع زيادة فى امتصاص كل من النيتروجين والفوسفور (Verlinden وآخرون ٢٠٠٩).

وفى المقابل .. لم تكن للمعاملة بأى من خمسة عشر تحضيرًا تجاريًا — من تلك التى تسوق على أنها محفزة للنمو — والتى كان منها عدة تحضيرات تحتوى على حامض الهيوميك بتركيزات تتراوح بين ٠,٥٪، و ٧٠٪ – أى تأثير على محصول البصل (Feibert وآخرون ٢٠٠٣).

الجليسين بيتين

يُحصل على الجليسين بيتين glycinebetaine من بنجر السكر أثناء عملية استخلاص السكر، وهو مركب آمن، وغير سام، وقابل للذوبان فى الماء، ويتواجد فى الخلايا الحيوانية والنباتية والميكروبية. وعند نمو النباتات تحت ظروف من الشدّ البيئى فإن غالبية النباتات المحبة للملوحة تقوم تمثيل الجليسين بيتين فى كلوروبلاستيداتها الخضراء وتخزينها كمركب واقٍ لها من الضغط الأسموزى العالى. ولقد وجد أن محصول ثمار نباتات الطماطم النامية فى أراضٍ ملحية أو التى تعرضت لحرارة عالية ازداد بمقدار ٣٩٪ عندما رُشت النباتات بالجليسين بيتين خلال مرحلة الإزهار. كذلك وجد أن المعاملة

تزيد من معدل البناء الضوئى فى أوراق الطماطم فى كل من ظروف الرى المناسب والشدّ الملحى (Makela وآخرون ١٩٩٨).

حامض اللاكتيك

أدى رش نباتات الطماطم والخيار والفاصوليا بالتحضير التجارى لاكتوفول lactofol (الذى يحتوى على حامض اللاكتيك وعناصر مغذية) إلى زيادة المساحة الورقية، وكمية المحصول وجودته، بالإضافة إلى زيادة المحتوى الكلوروفيلى للأوراق والـ net assimilation rate، والقدرة الأكبر على النمو فى الظروف غير المثالية (Bohme وآخرون ٢٠٠٠).

الشيتين والشيتوسان

أدت معاملة مراقد بذور الطماطم بالشيتين chitin بمعدل ٢ جم/م[٢] بعد الإنبات بـ ٥، و ١٠، و ١٥ يومًا إلى زيادة النمو النباتى جوهريًّا، وإلى زيادة نسبة الجذور التى استعمرتها الميكوريزا، وذلك مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول (Iglesias وآخرون ١٩٩٤).

كما أدت معاملة التربة بالشيتوسان chitosan إلى تحسين نمو الطماطم والخس، وكان اللون الأخضر للأوراق أكثر دكنة جراء المعاملة (Chibu & Shibayama ١٩٩٩).

الفصل الخامس

مكافحة الحشائش

يزداد — عادة — عدد أنواع الحشائش التى تتواجد فى المزارع العضوية، إلا أن كثافة الحشائش وكتلتها البيولوجية biomass تكون — غالبًا — أقل مما فى المزارع التقليدية، ويعتقد أن ذلك التثبيط فى كثافة الحشائش مرده إلى تأثير عدد من العوامل، منها: تطفل كائنات التربة الدقيقة على بذور الحشائش، وتغذية حشرات التربة على بادراتها، فضلاً عن التأثيرات الفيزيائية والأليلوباثك allelopathic (تأثير إفرازات الجذور) للغطاء النباتى على الحشائش (Ngouajio & McGiffen ٢٠٠٢).

هذا .. ويستفاد فى الزراعات العضوية من كثير من الممارسات الزراعية — التى يأتى بيانها فى الفصل السادس فى مكافحة الحشائش والحد من أخطارها، ولكن ينصب اهتمامنا فى هذا الفصل على الممارسات المتعلقة — فقط — بمكافحة الحشائش.

قواعد أساسية

إن أهم ما تجب مراعاته بالنسبة لمكافحة الحشائش فى الزراعات العضوية، ما يلى:

١- تجنب كل العوامل التى تؤدى إلى زيادة أعداد بذور الحشائش فى التربة؛ بهدف تقليل الحاجة إلى العزيق الآلى واليدوى، وذلك عن طريق:

أ- كمر سبلة الماشية جيدًا، بهدف قتل بذور الحشائش.

ب- منع الحشائش من الوصول إلى مرحلة إنتاج جيل جديد من البذور، مع إجراء العزيق لهذا الغرض تحديدًا.

جـ- المحافظة على نظافة البتون وحواف الحقل من الحشائش.

د- غسيل آليات الحراثة بعد استعمالها فى حقول توجد بها حشائش خبيثة، على أن يكون الغسيل بالماء تحت ضغط.

٢- التنويع فى الدورة، لأجل منع ازدهار حشائش معينة، وذلك عن طريق:

أ- تبادل محاصيل ذات احتياجات حراثة ومواعيد زراعة مختلفة.

ب- تضمين محاصيل الحبوب الصغيرة فى الدورة كلما كان ذلك ممكنًا، بهدف إحداث تباين فى مَألفة habitat الحشائش.

٣- زراعة النباتات التى تغطى سطح التربة cover crops؛ لأنها تنافس الحشائش — إضافة إل فوائد أخرى — مع مراعاة ما يلى:

أ- اختيار الأنواع السريعة النمو التى يمكنها حجب الضوء عن الحشائش ومنافستها على العناصر.

ب- زراعة تلك النباتات بكثافة عالية.

٤- التحكم فى طريقة إضافة السماد ومواعيد إضافته لأجل أن يكون الهدف تغذية المحصول المزروع وليس الحشائش، مع مراعاة ما يلى:

أ- تجنب إضافة الأسمدة نثرًا قبل الزراعة لأن ذلك يفيد إنبات بذور الحشائش ونموها عن المحصول المزروع.

ب- إضافة الأسمدة إلى جانب خط الزراعة.

٥- اختيار الآلة المناسبة للعزيق حسب طريقة الزراعة وكثافة الزراعة، مع ملاحظة ما يلى:

أ- العزيق "الخربشة" السطحية للمصاطب يقضى على الحشائش الحديثة الإنبات.

ب- العزيق السطحى بين سطور الزراعة يقضى — كذلك — على الحشائش الصغيرة.

جـ- مع نمو المحصول المزروع بقوة، يمكن استعمال آليات تقوم بنقل التراب إلى خط الزراعة ودفن ما قد يوجد فيه من حشائش صغيرة.

د- مراقبة الشرائط الرفيعة من الحقل، التى لا تصلها آلات العزيق المستعملة، والتى تكثر فيها الحشائش.

٦- التخلص من الحشائش النابتة قبل زراعة المحصول باللهب بدون إثارة التربة (عن Grubinger ٢٠٠٩).

ممارسات خاصة

العمل على تقليل مخزون التربة من بذور الحشائش

إن الإجراء الأمثل لذلك هو عدم السماح لأى حشيشة أن تصل إلى مرحلة إنتاج البذور؛ فالوصول إلى تلك المرحلة كفيل بتفاقم مشكلة الحشائش لسنوات أخرى قادمة. وعلى سبيل المثال فإن بذور نبات الرجلة يمكن أن تبقى حية فى التربة لمدة ٢٠ سنة، كما يمكن لبذور المسترد الأسود أن تعيش فى التربة لمدة ٤٠ سنة. ويعنى ذلك مع وفرة إنتاج البذور (يمكن لنبات رجلة واحد قوى النمو إنتاج ١٠٠ ألف بذرة) تزايد مخزون التربة من تلك البذور سنة بعد أخرى.

وإذا ما وصلت الحشائش لمرحلة إنتاج البذور يكون من المفضل قلعها والتخلص منها خارج الحقل.

تعقيم التربة

يجرى تعقيم التربة فى الزراعات العضوية باستعمال البخار الذى يحقن فى التربة، وهى عملية مكلفة وتحتاج إلى كميات كبيرة من الوقود والماء، ولذا .. يقتصر استعمالها على المساحات الصغيرة التى تزرع بالمحاصيل ذات الاقتصاد العالى.

كذلك تجرى محاولات لاستخدام الأوزون فى تعقيم التربة، حيث يُوَلَّد الغاز ميكانيكيًا، ثم يُحقن فى التربة. وعلى الرغم من فائدة الأوزون فى تقليل الحشائش، فإنه لا يعرف على وجه التحديد ما إن كان سيسمح باستعماله فى الزراعات العضوية، أم لن يُسمح.

استنبات بذور الحشائش قبل الزراعة

يتم استنبات بذور الحشائش قبل الزراعة مباشرة بتوفير الرطوبة الأرضية المناسبة لذلك، مع التخلص من بادرات الحشائش النابتة بالعزيق السطحى أو باللهب. ويجب أن يتم ذلك قبل زراعة المحصول مباشرة حتى لا تتسبب أى تغيرات فى درجة الحرارة إلى حدوث تغيرات فى نوعيات الحشائش النابتة.

ويمكن بعد قتل الحشائش الصغيرة النابتة السماح بجفاف الطبقة السطحية من التربة (٥–٧,٥ سم) قبل عمل حفر أعمق لزراعة البذور الكبيرة الحجم نسبيًّا كالذرة والفاصوليا، فهذه البذور يمكنها الإنبات وتوفير تظليل جزئى لسطح التربة قبل الحاجة لرى الحقل مرة أخرى.

الرى تحت السطحى

يمكن للرى تحت السطحى أن يحد كثيرًا من نمو الحشائش.

توفير ظروف المنافسة القوية لصالح المحصول المزروع.

يمكن للمحاصيل القوية النمو منافسة الحشائش، كما يمكن بزيادة كثافة الزراعة تحقيق نفس الهدف. وتعطى الزراعة بالشتل فرصة أكبر للمحصول على منافسة الحشائش قبل أن يمكنها الإنبات.

أغطية التربة من المخلفات العضوية

يتخلف عن عملية إنتاج الوقود الحيوى (الإيثانول) من الذرة سنويًّا عشرات الملايين من الأطنان من ناتج عملية التقطير من الحبوب المجففة، وهو الذى يُستخدم – حاليًّا – كعلف رخيص نسبيًّا للماشية. وقد تبين أن تلك النواتج – التى تزداد الكميات المتوفرة منها سنة بعد أخرى – تصلح كغطاء جيد للتربة soil mulch يمنع نمو الحشائش، كما أنها تحفز النمو النباتى جيدًا، وخاصة إذا ما خُلطت بالطبقة السطحية للتربة، وتركت لتتحلل (Biopact – الإنترنت – ٢٠٠٧).

العزيق

يعمل العزيق على قلع الحشائش أو دفنها فى التربة. ويفيد الدفن مع الحشائش الصغيرة. أما الحشائش الكبيرة فيتعين معها تدمير منطقة اتصال الساق بالجذر وتقطيعها قبل دفنها. ويفضل العزيق السطحى لأنه لا يؤدى إلى ترحيل بذور جديدة كثيرة إلى

سطح التربة من الأعماق، كما يحدث فى حالة العزيق العميق. يُجرى العزيق فى تربة مستحرثة ويؤجل الرى لأيام قليلة بعده لحرمان الحشائش التى تم تقليعها من فرصة إعادة التجذير. كذلك يلزم إجراء العزيق مبكرًا خلال موسم النمو قبل أن يستفحل خطرها. ويكون العزيق كل ٢-٢ أسابيع فى الربيع والصيف، وعلى فترات أطول من ذلك شتاءً. ويتم – دائمًا – تقليع الحشائش القريبة من النباتات يدويًا حتى لا تُضار نباتات المحصول المزروع من العزيق.

الحرق

تستخدم الحارقات flamers فى قتل الحشائش، وهى تعمل غالبًا بوقود البروبين propane، علمًا بأن تعريض الحشائش للّهب flame لا يحولها إلى رماد، ولكن اللهب يرفع حرارتها سريعًا إلى ٥٥°م. وهذا التغير الكبير المفاجئ فى درجة الحرارة يؤدى إلى تمدد العصير الخلوى، مما يؤدى إلى تمزق الجدر الخلوية. وتكون فاعلية التعريض للهب أعلى ما يمكن عندما يزيد عمر نباتات الحشائش عن مرحلة الورقة الحقيقة الثانية. وتجدر الإشارة إلى أن النجيليات يصعب – إن لم يستحيل – قتلها بالتعريض للهب؛ ذلك لأن قمتها النامية تكون محمية تحت سطح التربة. وبعد التعرض للهب يتغير مظهر الحشائش سريعًا من اللمعان على الشحوب قبل أن تجف وتموت.

يمكن إجراء عملية التعريض للهب قبل بزوغ بادرات المحصول المزروع إن كانت بذوره بطيئة الإنبات، مثل الفلفل، والجزر، والبصل، والبقدونس. أما التعريض للهب بعد إنبات بذور المحصول المزروع فإنه يكون له تأثير سيئ عليه؛ ولذا .. تجب الموازنة بين الضرر المحتمل للمحصول جراء عملية حرق الحشائش، والضرر المحتمل من الحشائش ذاتها.

وغالبًا .. يجرى الحرق على سرعة ٥-٨ كم/ساعة فى الحقل، وإن كانت السرعة تتحدد أساسًا بمقدار الحرارة التى تُنتجها وحدة الحرق المستعملة. ويُحصل على أفضل النتائج عندما يجرى الحرق فى غياب الرياح تمامًا، إذ إن الرياح يمكنها منع الحرارة

من الوصول إلى الحشائش المستهدفة. وتقل كفاءة عملية الحرق كثيرًا — كذلك — إذا ما تواجدت رطوبة حرة على الأوراق سواء أكانت من الندى، أم المطر، أم الرى بالرش (Smith وآخرون ٢٠٠٠).

المكافحة الحيوية للحشائش بالأوز

استخدم الأوز فى مكافحة الحشائش فى بساتين العنب والفاكهة، كما يمكن استخدامه فى حقول الخضر إذا ما اتخذت الاحتياطات الكافية لمنع إضرار الأوز بالمحصول المزروع. تُعد النجيليات العشبية هى الغذاء المفضل للأوز؛ لذا .. يُمنع منعًا تامًّا إطلاقه فى حقول الذرة والسورجم والقمح وغيره من النجيليات. وإذا ما أُحكم الحصار حول الأوز فإنه يبدأ فى التهام الحشائش العريضة الأوراق بعد الانتهاء من الحشائش النجيلية. كذلك يمكن للأوز التغذية على ثمار الخضر كالطماطم عند بدء تلونها، وهو أمر يتعين الاحتياط له.

هذا .. ويحتاج الأوز إلى ماء للشرب، ومكان مظلل فى الجو الحار، وإلى الحماية من الكلاب والمفترسات الأخرى (Smith وآخرون ٢٠٠٠).

مبيدات الحشائش

لا يتوفر سوى عدد محدود من مبيدات الحشائش التى يُسمح باستعمالها فى الزراعات العضوية، ومنها: حامض الخليك، وحامض الستريك، ونترات الصوديوم، وجلوتين القمح. تستخدم المبيدات التى تقتل بالملامسة — مثل حامض الخليك وغيره — فى معاملة الحشائش التى تنبت بذورها قبل إنبات بذور المحصول المزروع. أما جلوتين القمح فإنه يُستخدم فى معاملة التربة لتثبيط الحشائش أثناء إنباتها. وتجدر الإشارة إلى أنه لا يجب أن يُعَوَّل كثيرًا على فاعلية تلك المبيدات، فهى محدودة التأثير (Smith وآخرون ٢٠٠٠).

الفصل السادس

توجيه الممارسات الزراعية لخدمة الإنتاج العضوى

إن الممارسات الزراعية التى تخدم أهداف الإنتاج العضوى كثيرة ومتنوعة، وبخاصة تلك التى تفيد فى مكافحة الأمراض والآفات.

فمن بين متطلبات مكافحة الأمراض والآفات والحشائش ما يلى:

١- تطبيق الدورة الزراعية وممارسات إدارة التربة والمغذيات النباتية.

٢- تطبيق إجراءات النظافة بإزالة نواقل الأمراض، والتخلص من بذور الحشائش ومأوى الآفات.

٣- إجراء الممارسات الزراعية التى تُعزز سلامة النباتات، مثل اختيار الأنواع، والأصناف النباتية المناسبة لظروف الموقع، والمقاومة للآفات والأمراض المنتشرة فيه والمتحمّلة لأنواع الحشائش المتواجدة فيه.

ويمكن مكافحة الآفات بالطرق الميكانيكية والفيزيائية والحيوية، مثل:

١- إدخال المفترسات والمتطفلات التى تُكافح الآفات الزراعية، أو زيادة أعدادها.

٢- توفير الأعداء الطبيعية للآفات.

٣- استخدام وسائل للمكافحة، مثل الشراك والمصائد والطاردات (Ferguson ٢٠٠٦).

الدورة الزراعية

إن من أهم أهداف الدورة الزراعية، ما يلى:

١- المحافظة على محتوى التربة من المادة العضوية أو زيادته.

٢- إدارة مكافحة الآفات فى المحاصيل الحولية والمعمرة.

٣- التعامل مع نقص أو زيادة العناصر.
٤- مكافحة تعرية التربة.

ويمكن بالتصميم الدقيق للدورة الزراعية المحافظة على مستوى التربة من المادة العضوية أو زيادته. فالدورات التى تدخل فيها محاصيل الحبوب الصغيرة مثل القمح والشعير والزمير والشوفان والترتكيل والتى تحصد بذورها (حبوبها) يمكن أن تضيف للتربة نحو ٤٠٠٠-٥٠٠٠ كجم من المادة الجافة لكل فدان، فضلاً عن أن تضمين الدورة لتلك المحاصيل يفيد فى خفض شدة الإصابات المرضية فى محاصيل الخضر. وبالمقارنة يخلف البروكولى نحو ٣٥٠٠ كجم من المادة العضوية الجافة بكل فدان. وتكون كميات المادة العضوية الجافة المتخلفة عن زراعات الطماطم، والخس والبصل والثوم حوالى ١٢٥٠ كجم، و ٦٠٠ كجم، و ٣٥٠ كجم، و ٢٥٠ كجم لكل فدان على التوالى (Mitchell وآخرون ٢٠٠٠).

إن الدورة الزراعية تلعب دورًا هامًّا فى مكافحة الأمراض، ذلك لأنها تمنع الزيادة المطَّردة لأعداد بعض المسببات المرضية فى التربة من جهة، بالإضافة إلى خفضها لتلك الأعداد من جهة أخرى؛ بسبب حرمانها للمسببات المرضية من التكاثر على عوائلها المناسبة لها.

ومع أهمية الدورة الزراعية بالنسبة للأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة، فإن بعضها يُنتج تراكيب يمكنها البقاء فى التربة لعدة سنوات فى غياب عوائلها. ومن أمثلة ذلك الفطريات المسببة لكل من الجذر الصولجانى فى الصليبيات، ولفحة فيتوفثورا، والذبول الفيوزارى فى مختلف النباتات. كذلك تتمتع عديد من المسببات المرضية بمدى عائلى كبير، الأمر الذى يجعل تنفيذ الدورة معها أمرًا صعبًا، ومن أمثلة ذلك فطريات اسكليروتينيا، ورايزكتونيا، وفيرتسيليم، ونيماتودا تعقد الجذور.

وبالنسبة للأمراض التى تحدث الإصابة فيها من خلال النموات الخضرية للنبات، فإن جراثيم تلك المسببات قد تنتقل - مع الهواء - لمسافات كبيرة، كما فى حالات

أمراض البياض الزغبى والأصداء؛ الأمر الذى يجعل الدورة الزراعية قليلة الجدوى معها، ولكن الدورة تُفيد – حتى مع تلك الأمراض – فى تجنب الإصابات المبكرة التى قد تعيش الأطوار الساكنة لمسبباتها فى التربة.

وعلى الرغم من أن الدورات الزراعية تُجرى لأهداف متعددة، فإن الهدف الرئيسى منها يكون – عادة – مكافحة الأمراض، ولذا .. فإن مدة الدورة تتحدد بالفترة التى يجب الامتناع خلالها عن زراعة محصول معين، بهدف مكافحة مرض معين يصيب ذلك المحصول.

تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى

يقتصر تعقيم أو بسترة التربة بالإشعاع الشمسى Solar Pasteurization of Soil على المناطق ذات الجو الحار، وفى الأراضى التى يمكن تركها دون زراعة لمدة ٤٥ يومًا على الأقل.

طريقة إجراء التعقيم بالإشعاع الشمسى

مجمل الطريقة ومتطلبات نجاحها

يتعين عند تعقيم التربة بالتشميس تنعيمها جيدًا لكى يمكن فرد الغشاء البلاستيكى عليها وجعله ملامسًا لكل سطح التربة، ذلك لأن وجود كتل التربة (القلاقيل) يعنى وجود جيوب هوائية تحت الغطاء تعمل كعازل بينه وبين التربة. مما يقلل فى فرصة رفع حرارة التربة بالتشميس.

وللسبب ذاته لا يجوز استهداف تعقيم الحقل كله بالتشميس إذا كان مجهزًا على صورة خطوط أو مصاطب، إلاّ إذا كان الهدف هو تعقيم سطح المصاطب فقط، وهو أمر غير مستحب لأنه يوفر فرصة لإعادة تلوث تربة سطح المصاطب المعقمة من التربة المجاورة لها غير المعقمة (DeVay ١٩٩١ب).

تتلخص طريقة بسترة التربة بالتشميس soil solarization فيما يلي:

١- إزالة المخلفات النباتية من الزراعة السابقة.

٢- الحراثة العميقة للتربة.

٣- إضافة سبلة غير متحللة (طازجة) وخلطها جيدًا بالتربة.

٤ - غمر الحقل بالماء بمعدل ٢٠٠-٢٥٠م[٣] للفدان.

٥- غمر الحقل مرة أخرى بالماء بعد أسبوعين بمعدل ١٧٥-٢٥٠م[٣] للفدان.

٦- حراثة التربة وتنعيمها بعد ١٠-١٢ يومًا.

٧- مدّ خطوط الرى بالتنقيط.

٨- تغطية التربة بغشاء بلاستيكى شفاف، مع تغطية حواف الغشاء جيدًا بالتربة.

٩- إضافة الماء بمعدل ٢٥م[٣] للفدان.

١٠- إضافة الماء كل خمسة أيام — لمدة ٤٥ إلى ٥٠ يومًا — بمعدل ١٧,٥م[٣] للفدان.

ويفيد الجمع بين الإضافات العضوية والبسترة بالتشميس soil solarization فى زيادة فاعلية التشميس بفعل الحرارة التى تنتج من تحلل المادة العضوية.

ومن أهم مزايا بسترة التربة بالتشميس ما يلي:

١- تفيد فى جميع الحالات التى لا يتوفر فيها مبيدات مسجلة للاستعمال العضوى.

٢- يُسمح بها فى حالات الإنتاج العضوى.

٣- تعطى دفعة قوية للنمو النباتى القوى المبكر، وتؤدى إلى زيادة المحصول؛ فعلى سبيل المثال أحدث تعقيم التربة بالتشميس منفردًا، أو مع التلقيح بالـ *Trichoderma* spp. زيادة كبيرة فى محصول الفراولة، بلغت فى العام الأول للدراسة ٢٨,٢٪، و ٧٧,٦٪ على التوالى (Porras وآخرون ٢٠٠٧).

إعداد التربة للتعقيم

يجب أن تكون التربة المراد تعقيمها مستوية وخالية من الحشائش والنباتات، والمخلفات النباتية والكتل الترابية الكبيرة التى ترفع البلاستيك؛ مما يؤدى إلى تواجد

جيوب هوائية تقلل من كفاءة عملية التعقيم؛ ولذا .. يجب توجيه عناية خاصة إلى عملية تنعيم التربة وجعلها مستوية تمامًا.

يحرث الحقل المراد تعقيمه جيدًا حتى عمق ٣٠–٣٥ سم، ثم يروى جيدًا بالرش، أو بالتنقيط، أو بالغمر. وبعد أن تجف التربة إلى درجة تسمح بمرور الجرارات الزراعية عليها (ويستغرق ذلك مدة يوم أو يومين في الأراضي الخفيفة). يغطى سطح التربة بشرائح بلاستيكية شفافة بسمك ٤٠–٨٠ ميكرونًا، وتشد جيدًا لمنع تواجد أية جيوب هوائية تحتها، ثم تترك لمدة ٤–٨ أسابيع. هذا .. مع العلم أن شرائح البوليثيلين الرقيقة هذه تكون قليلة التكلفة، ولها نفس فاعلية الشرائح السميكة.

وقد تترك مسافات بين شرائح البلاستيك للمرور عليها، وتلك المسافات تكون غير معقمة، وتشكل مصدرًا لإعادة إصابة الحقل. وتلزم المحافظة على شرائح البلاستيك أثناء التغطية من الأضرار التي يمكن أن تحدثها الطيور أو الماشية.

ويلزم لنجاح هذه الطريقة في تعقيم التربة مراعاة ما يلي:

١– أن تظل التربة رطبة أثناء فترة التغطية؛ لزيادة حساسية الكائنات المسببة للأمراض الموجودة بها، ولزيادة مقدرتها على التوصيل الحراري.

٢– إطالة فترة التغطية لمكافحة الكائنات المسببة للأمراض، والتي تكون متعمقة في التربة؛ لأن الحرارة لا ترتفع كثيرًا؛ حيث تتواجد هذه الكائنات.

اختيار البلاستيك المناسب للتعقيم

يفضل لتعقيم التربة استعمال بلاستيك بسمك ٢٥ ميكرونًا؛ لأنه يكون أرخص وأكثر كفاءة. لكن نظرًا لكثرة تعرضه للتمزق من أقل ضغط عليه .. يفضل بلاستيك بسمك ٤٠–٨٠ ميكرونًا، مع الحرص على رتق أية تمزقات باستعمال شريط لاصق شفاف. ولا يفضل استعمال بلاستيك يزيد سُمْكه على ٨٠ ميكرونًا؛ لأنه يعكس قدرًا أكبر من الأشعة الشمسية؛ مما يؤدي إلى انخفاض كفاءته في رفع حرارة التربة.

ويمكن استعمال بلاستيك شفاف يحتوى على مثبطات للأشعة فوق البنفسجية، تعمل على إبطاء تدهوره بفعل تلك الأشعة، الأمر الذى يسمح بإطالة فترة التعقيم، أو حفظه بعد التعقيم وإعادة استعماله، أو استمرار استعماله بعد التعقيم كغطاء بلاستيكى للتربة.

طريقة التغطية بالبلاستيك

يمكن إجراء التعقيم إما فى شرائط (لا يقل عرضها عن ٦٠–٩٠ سم) فوق مصاطب الزراعة، وإما بتغطية كل سطح التربة. تتميز طريقة الشرائط المعقمة بانخفاض تكلفتها. إلا أنه يترتب عليها تواجد مساحات غير معقمة بين الشرائط المعقمة تشكل مصدرًا لإعادة تلوث الجزء المعقم.

وعند تغطية كل الحقل بالبلاستيك يتعين الترديم جيدًا بالتربة حول حواف الشرائح البلاستيكية المتجاورة، أو لصقها معًا بشريط لاصق شفاف مقاوم للحرارة.

أهمية رطوبة التربة خلال فترة التعقيم

يجب أن تبقى التربة رطبة طوال فترة التعقيم؛ لأن الرطوبة تجعل الكائنات الدقيقة المرضة أكثر حساسية للحرارة، فضلاً عن كونها تزيد من سرعة التوصيل الحرارى. وتجعل ارتفاع الحرارة يمتد إلى عمق أكبر فى التربة. ويتحقق ذلك فى الأراضى الثقيلة؛ وذلك برى التربة رية غزيرة، ثم فرش البلاستيك فى أقرب وقت ممكن بعد ذلك. أما فى الأراضى الرملية التى تُروى بالتنقيط، فإن شبكة الرى يجب أن تبقى تحت البلاستيك مع الرى مرة واحدة أو مرتين أسبوعيًّا خلال فترة التعقيم؛ وذلك للمحافظة على مستوى مرتفع من الرطوبة خلال التعقيم.

وعمومًا .. يجب أن تكون رطوبة التربة حتى عمق ٦٠ سم فى حدود ما لا يقل عن ٧٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية (DeVay ١٩٩١ب).

فترة التغطية المناسبة

كلما طالت فترة التغطية بالبلاستيك ازدادت كفاءة عملية التعقيم؛ حيث يزداد الارتفاع فى حرارة التربة ويكون لعمق أكبر. وغالبًا ما يكفى التعقيم لمدة ٤–٦ أسابيع خلال أشد المواسم حرارة، ولكن إطالة الفترة إلى ٨ أسابيع يكون أكثر فاعلية.

هذا .. وتستمر فاعلية التعقيم بالإشعاع الشمسى – عادة – لموسمين زراعيين كاملين.

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة

إذا أجرى التعقيم بالإشعاع الشمسى – بصورة صحيحة – خلال شهور الصيف الحارة، فإن درجة الحرارة ترتفع تحت الغطاء البلاستيكى إلى ما بين ٦٠°م على عمق ٥ سم و ٣٩°م عند عمق ٤٥ سم.

ويكون هذا الارتفاع فى حرارة التربة سببًا رئيسيًا فى القضاء على عديد من مسببات الأمراض والآفات التى تعيش فى التربة، إما بصورة مباشرة، وإما بصورة غير مباشرة من خلال تأثير عملية التعقيم على بيولوجى التربة.

تتفاوت الكائنات الدقيقة فى تأثرها بالحرارة بسبب تباينها فى حساسية أغشيتها الخلوية وتباين محتواها من إنزيمات التنفس فى تأثرها بالحرارة العالية (DeVay ١٩٩١ب).

يلزم للتخلص من الكائنات الدقيقة المتوسطة التحمل للحرارة mesophylic organisms حوالى ٢–٤ أسابيع من التعرض لحرارة ٣٧°م، ولكن تلك الفترة تنخفض إلى ست ساعات عند ارتفاع الحرارة إلى ٤٧°م (DeVay ١٩٩١أ).

وعلى الرغم من تباين الكائنات التى تعيش فى التربة فى الجرعات الحرارية (الحرارة والمدة) القاتلة لها، فإنه يكفى – عادة – دقائق قليلة من التعرض لحرارة تزيد عن ٤٥°م للوصول إلى ٩٠٪ قتل، أو ما يعرف بـ LD_{90} (Stapleton ١٩٩١ – FAO Plant Production and Protection Paper 109 – الإنترنت).

أولاً: مسببات الأمراض

يؤدى تعقيم (بسترة) التربة بالإشعاع الشمسى إلى القضاء على عديدٍ من الفطريات التى تعيش فى التربة وتصيب مختلف المحاصيل الزراعية، مثل (عن Katan ١٩٨٠):

الفطر	المحاصيل	المرض
Verticillium dahliae	الطماطم — البطاطس — الباذنجان — الفراولة — القطن — الزيتون	ذبول فيرتسيليم
Fusarium oxysporum	الطماطم — القاوون — البصل — الفراولة — القطن	الذبول الفيوزارى
Pyrenochaeta terrestris	البصل	الجذر الوردى
Pyrenochaeta lycopersici	الطماطم	الجذر الفلينى
Sclerotium ralfsii	الفول السودانى	اللفحة الجنوبية
Rhizoctonia solani	البطاطس — البصل — الفاصوليا — القطن	عفن الجذور وتساقط البادرات
Thielaviopsis bosicola	القطن	عفن البذور والجذور
Pythium ultimum	القطن	الذبول الطرى
Pythium myrothecium	الفول السودانى	عفن القرون
Plasmodiophora brassicae	الكرنب	الجذر الصولجانى
Didymella lycoppersici	الطماطم	لفحة أسكوكيتا

ثانيًا: النيماتودا

لا تتأثر الفطريات المتحملة للحرارة، والأكتينوميسيتات، والزيدوموناذز الفلورية fluorescent pseudomonads والـ *Baclillus* spp. سوى قليلاً بالحرارة أثناء عملية الـ solarization، وسرعان ما تستعيد نشاطها لتستعمر التربة دون منافسين لها بعد انتهاء عملية التعقيم؛ الأمر الذى يفيد فى مكافحة النيماتودا (عن Giannakou وآخرين ٢٠٠٧).

يؤدى تعقيم التربة بالإشعاع الشمسى إلى تخفيض أعداد النيماتودا التى توجد فى التربة حتى عمق حوالى ٣٠ سم، أما فى الأعماق الأكبر من ذلك فإن الارتفاع فى درجة حرارة التربة لا يكون بالقدر الذى يمكن أن يؤثر فى النيماتودا؛ ولذا .. فإن التعقيم بالإشعاع الشمسى يكون أكثر فاعلية فى مكافحة النيماتودا بالنسبة للمحاصيل ذات الجذور السطحية.

وتبعًا لـ Gamliel & Stapleton (١٩٩٣) فإن الجمع بين التسميد بزرق الدواجن مع التعقيم بالإشعاع الشمسي يزيد — كثيرًا — من فاعلية التعقيم فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور.

ويستدل من دراسات Oka وآخرين (٢٠٠٧) إمكان مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*، و *M. javanica* فى الزراعات العضوية بالجمع بين تشميس التربة soil solarization والإضافات العضوية، وهى التى استخدم منها فى هذه الدراسة سبلة الدواجن، وكسب بذرة القطن، ومسحوق الريش، وكسب بذرة فول الصويا. هذا فى الوقت الذى أدى فيه تشميس التربة إلى مكافحة النيماتودا جزئيًا، بينما لم تكن للإضافات العضوية — منفردة — أى تأثير. ويبدو أن الجمع بين التشميس والإضافات العضوية ساعد فى رفع حرارة التربة بقدر أكبر، بالإضافة إلى تراكم الأمونيا والأمونيوم — من المخلفات العضوية — تحت الغطاء.

تأثير التعقيم بالإشعاع الشمسى على الحشائش

يقضى التعقيم بالإشعاع الشمسى على عديد من الحشائش الحولية والمعمرة (Pullman وآخرون ١٩٨٤).

التعقيم بالبخار

تعقم التربة بحقنها بالبخار لمدة ٣٠ دقيقة، حتى تصل حرارتها إلى ٨٠–٨٥°م. ويتم الحقن بالبخار من خلال أنابيب مثقبةٍ تثبت فى تربة البيوت المحمية على عمق ٣٠

سم، مع تغطية سطح التربة أثناء التعقيم برقائق بلاستيكية للمحافظة على رفع حرارة التربة.

كما قد يتم حقن البخار في تربة الحقل أو البيوت المحمية من خلال أنابيب عمودية بطول ٤٠–٥٠ سم تبعد بعضها عن بعض بنحو ٢٢ سم، وتثبت خلف حفارات صغيرة تتصل برأس موزعة للبخار، ثم بمصدر البخار بواسطة خرطوم، وتتم تغطية المساحة المعاملة أولاً بأول للمحافظة على درجة الحرارة المرتفعة لمدة ٣٠ دقيقة.

كما قد تعامل التربة بالبخار من خلال أنابيب مثقبة تُمد فوق سطح التربة، وتغطى برقائق من البلاستيك المقاوم للحرارة مع تثبيت حواف الرقائق جيدًا بواسطة التربة. ويؤدى ضخ البخار في الأنابيب المثقبة إلى رفع البلاستيك، وحينئذٍ يُخفض ضغط البخار إلى الحدود الدنيا. وللحصول على أفضل النتائج يجب استمرار الغطاء والمعاملة بالبخار لمدة ٦–٨ ساعات. وتتوقف درجة تغلغل البخار في التربة على مدى العناية بفلاحتها. وتعتبر هذه الطريقة أقل الطرق تكلفة (عن Nelson ١٩٨٥).

وعند تعقيم بيئات الزراعة وأوعية نمو النباتات بالبخار يراعى أن تستمر المعاملة لمدة ٣٠ دقيقة بعد أن تصل أبرد نقطة في المخلوط إلى حرارة ٨٢°م (١٨٠°ف). ويتضمن ذلك أن يكون الحد الأدنى لدرجة الحرارة هو ٨٢°م لمدة ٣٠ دقيقة، لكن معظم البيئة والمواد المعقمة تكون حرارتها مثل درجة حرارة البخار؛ أى ١٠٠°م. ويراعى .. عن تعقيم الأحواض أو الشتّالات المستخدمة في الزراعة — أن تفصل بينها مسافة ٢,٥ سم رأسيًا ومن الجانبيين؛ حتى يمكن أن يتخلل البخار بينها بسهولة.

وتؤدى هذه المعاملة إلى التخلص من معظم بذور الحشائش والكائنات المسببة للأمراض من فطريات، وبكتيريا، ونيماتودا، وفيروسات، وكذلك الحشرات، إلا أنها تُبقى على بعض الكائنات المفيدة التى بإمكانها أن تنافس الكائنات الضارة على الأكسجين. والمكان، والغذاء، وتحد من مقدرتها على البقاء، لكن هذه الكائنات المفيدة يمكن القضاء عليها أيضًا إذا ارتفعت درجة حرارة البيئة إلى ١٠٠°م. ولهذا يفضل أن

يكون التعقيم على حرارة ٦٠-٧١°م لمدة ٣٠ دقيقة، حيث يتم القضاء على معظم الكائنات الضارة مع الإبقاء - قدر الإمكان - على الكائنات المفيدة. ويتحقق ذلك بأجهزة خاصة تقوم بخلط البخار بالهواء بدرجة معينة يمكن بواسطتها التحكم في درجة حرارة مخلوط الغازين قبل دخولهما في البيئة المراد تعقيمها. ويوضح جدول (٦-١) درجات الحرارة اللازمة للقضاء على مختلف الآفات النباتية.

جدول (٦-١): درجات الحرارة اللازمة (لمدة ٣٠ دقيقة) للقضاء على مختلف الآفات النباتية.

الحرارة (°م) لمدة ٣٠ دقيقة	الكائنات التي يتم التخلص منها
٥٠	النيماتودا
٥٣	فطر *Rhizoctonia solani*
٦٠	معظم البكتيريا المسببة للأمراض النباتية
٦٣	معظم الفطريات المسببة للأمراض
٦٠-٧١	الحشرات التي تعيش في التربة
٧٠	معظم الفيروسات المسببة للأمراض النباتية
٧١	كل البكتيريا المسببة للأمراض النباتية
٧٠-٨٠	معظم بذور الحشائش
٩٥-١٠٠	بذور الحشائش والفيروسات المقاومة للحرارة

الحراثة المعتدلة

إن لحراثة التربة تأثيرات سلبية على محتواها من المادة العضوية؛ فبينما قد توفر الحراثة المعتدلة ظروفًا أرضية أفضل للنمو النباتي ومكافحة الحشائش على المدى القصير، فإن الحراثة الكثيفة للأراضي الزراعية أدت - تاريخيًا - إلى فقد كبير في كربون التربة تراوح بين ٣٠٪، و ٥٠٪.

إن الحراثة التقليدية تعمل على تفكيك تجمعات التربة، وتعريض مزيد من المادة

العضوية للتحلل الميكروبى والأكسدة، وتعد أحد الأسباب الرئيسية فى تدهور بناء التربة على المدى الطويل. كذلك فإن القنوات الدقيقة والقنوات الأوسع التى تتواجد فى التربة جراء العمليات الطبيعية مثل تحلل الجذور ونشاط الديدان يمكن القضاء عليها بالحراثة. وعندما تكون الحراثة عميقة — وهو الإجراء التقليدى عند تجهيز التربة — فإنها تكون مكلفة.

ولذا .. يوصى فى الزراعات العضوية باتباع ما يعرف بـ "الحراثة المعتدلة" conservation tillage، وفيها يبقى ما لا يقل عن ٣٠٪ من سطح التربة يغطى بمخلفات من المحصول السابق. وبتلك الطريقة يقل دمج المخلفات فى التربة، وتقل تهوية التربة بدرجة زائدة، ويُحافظ على محتوى التربة من المادة العضوية (Mitchell وآخرون ٢٠٠٠).

الغطاء النباتى

إن الغطاء المحصولى cover crops (وهو أى غطاء نباتى أخضر للتربة) يعمل على تقليل فقد العناصر من التربة، ثم إضافتها إليها ثانية – عند قلبه فيها — فى صورة عضوية. وأكثر المحاصيل استخدامًا لهذا الغرض البقوليات والحبوب الصغيرة والصليبيات، وخاصة من الجنس *Brassica*. وتتميز البقوليات بقدرتها على تثبيت آزوت الهواء الجوى من خلال بكتيريا العقد الجذرية. وتقلب هذه المحاصيل — عادة — عندما تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين فيها أقل من ٢٠ : ١؛ الأمر الذى يحد من التنافس على النيتروجين بين المحصول الاقتصادى المزروع وكائنات التربة التى تقوم بتحليل النموات الخضراء بعد قلبها فى التربة.

وعلى الرغم من أن قلب النموات المكتملة النمو التى تزيد فيها نسبة الكربون إلى النيتروجين عن ٢٠ : ١ تؤدى إلى حدوث نقص مؤقت فى النيتروجين المتوفر لإجل نمو المحصول الاقتصادى، فإن هذه النموات تعد وسيلة فعالة لزيادة نسبة المادة العضوية فى التربة.

هذا .. ويتوفر — عادة — للنمو المحصولى أقل من ٥٠٪ من النيتروجين المتواجد فى المحصول الأخضر بعد قلبه فى التربة، بينما يبقى الجزء الأكبر من النيتروجين فى صورة عضوية بالمادة العضوية للتربة غير ميسر فى الحال للنبات. ويعنى ذلك أن جزءًا من النيتروجين العضوى المتوفر فى السماد الأخضر الذى يُقلب فى التربة يتمعدن سريعًا خلال الأسابيع الأولى من قلبه. وعندما تكون نسبة الكربون إلى النيتروجين بالسماد الأخضر أقل من ٢٠:١، فإن معدل تمعدن النيتروجين يزداد لمدة ٣-٦ أسابيع بعد القلب، ثم يقل معدل التمعدن كثيرًا بعد الأسبوع السادس إلى الثامن. وعندما يتمعدن النيتروجين العضوى يجب أن يكون المحصول الاقتصادى متواجدًا فى الحقل، وإلا تعرض النيتروجين للفقد.

إن استعمال الصليبيات — مثل *Brassica carinata*، و *B. nigra*، و *B. juncea* — كسماد أخضر يُقلب فى التربة يفيد كثيرًا فى مكافحة الفطر *Fusarium oxysporum* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، من خلال تأثير مركبات الأيزوثيوسيانات isothiocynates — التى تنتج من تحلل تلك النباتات — على تثبيط نمو الغزل الفطرى وإنبات كلاً من الجراثيم الكونيدية والكلاميدية للفطر. وقد تبين أن أكثر مركبات الأيزوثيوسيانات تأثيرًا كانت الـ propenyl والـ ethyl، كما كانت مركبات أخرى منها، مثل الـ benzyl، والـ phenethyl ذات تأثير سام على الفطر كذلك (Smolinska وآخرون ٢٠٠٣).

كذلك أدت حراثة مخلفات البروكولى فى التربة إلى خفض معدلات إصابة القنبيط بذبول فيرتسيليم الذى يسببه الفطر *V. dahliae*، وذلك من خلال خفض المخلفات لأعداد الأجسام الحجرية microsclerotia للفطر (Subbarao & Hubbard وآخرون ١٩٩٦).

كما أدى قلب بعض أنواع الجنس *Brassica* فى التربة كسماد أخضر إلى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور. بتأثير الجليكوسينولات glucosinalets التى تنتجها تلك النباتات

على خفض أعداد النيماتودا فى التربة؛ ومن ثم خفض ما تحدثه من أضرار بجذور النباتات المنزرعة (Monfort وآخرون ٢٠٠٧).

أمكن تعريف نحو ١٠٠ نوع مختلف من الجلوكوسينولات، وهى تختلف تركيبيًّا — أساسًا — فى مجموعة الـ R، التى قد تكون أليفاتية aliphatic، أو أروماتية aromatic، أو مختلطة المجموعة الحلقية heterocyclic.

يؤدى تحلل الجلوكوسينولات بواسطة الإنزيم myrosinase إلى إطلاق أيونات الكبريتات والجلوكوز وعددًا من المركبات النشطة بيولوجيًّا، منها: الأيزوثيوسيانات isothiocynates والنيتريلات nitrils، والثيوسيانات thiocynates. وتتأثر نواتج التحلل بكل من مجموعة R والـ pH.

ومن بين نواتج تحلل الجلوكوسينولات تعد الأيزوثيوسيانات هى الأقوى بيولوجيًّا، حيث تُعد مضادات حيوية قوية لكل من الفطريات والثدييات والحشرات، ويرجع تأثيرها القوى إلى تفاعلاتها بمجموعات الـ sulphydryl وروابط الـ disulphide، ومجموعة الأمينو فى البروتينات والأحماض الأمينية؛ ومن ثم تكوينها لمركبات ثابتة (Rosa & Rodrigues ١٩٩٩).

وقد أدت زراعة الأغطية النباتية شتاءً، ثم قطعها فى الربيع وتركها على سطح التربة كغطاء mulch جاف قبل شتل الطماطم إلى الحد من نمو الحشائش، وكانت أكثر الأغطية النباتية فاعلية الشوفان، ولكن خليط من الشوفان مع الـ hairy vetch (وهو *Vicia villosa*) أعطى أكبر قدر من المادة العضوية (٧,٩ طن مادة جافة/هكتار)، بينما أعطى غطاء الـ hairy vetch منفردًا أكبر قدر من النيتروجين (٢٥٨ كجم N/هكتار) (Campiglia وآخرون ٢٠١٠).

التحميل وزراعة النباتات المرافقة

يفيد التحميل — فى الزراعات العضوية — فى توفير حماية جزئية من الإصابات

الحشرية، حيث تبذل الحشرة جهدًا أكبر فى البحث عن عائلها المحبب لها بين المحاصيل المزروعة، وتتعرض أثناء حركتها للأعداء الطبيعية. ويجب اختيار المحاصيل التى تُزرع معًا بحيث لا تتعارض فى نموها أو فى احتياجاتها من عمليات الخدمة، كما يجب ألا تكون من نفس العائلة النباتية أو تصاب بنفس الحشرات.

وأدت زراعة نباتات مرافقة companion plants للكنتالوب، سواء أكانت من تلك الطاردة لخنافس الخيار (مثل الفجل، وحشيشة الدّود *Tanacetum vulgare*، وأبو خنجر *Tropaeolum* spp.)، أو الجاذبة للحشرات النافعة (مثل الحنطة السوداء *Fagopyrum esculentum*، واللوبيا، والحندقوق *Melilotus officinalis*) إلى زيادة النمو الخضرى ونقص أعداد خنافس الخيار، وخاصة خنفساء الخيار المخططة (Cline وآخرون ٢٠٠٨).

خلط المخلفات النباتية بالتربة

تؤدى حراثة بعض المخلفات النباتية فى التربة إلى التأثير سلبيًّا على بعض مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة؛ حيث تقل أعدادها؛ وبذا .. تسهل مكافحتها.

ومن أمثلة مسببات الأمراض التى أمكن مكافحتها بهذه الطريقة ما يلى (عن Palti ١٩٨١):

المرض	مسبب المرض	المخلفات النباتية التى أفادت فى مكافحته
ذبول البطاطس	*Verticillium albo-atrum*	قش الشعير
القشف الأسود فى البطاطس	*Rhizoctonia solani*	قش القمح
عفن الجذور الأسود فى الفاصوليا	*Thielaviopsis basicola*	مخلفات الشوفان، والذرة، والبرسيم الحجازى
عفن أفانوميس فى البسلة	*Aphanomyces euteiches*	مخلفات الصليبيات

وأدى خلط تفل الزيتون (الكسب الناتج بعد استخلاص زيت الزيتون بالعصر) بالتربة إلى تثبيط الإصابة بالهالوك فى الطماطم والبسلة والفول (Ghoshen وآخرون ١٩٩٩).

إضافات الأسمدة الحيوانية

إن إضافة الأسمدة العضوية الحيوانية الكاملة التحلل – والخالية من مسببات الأمراض – إلى التربة تؤدى إلى تثبيط نشاط وتكاثر مختلف مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة؛ ويرجع ذلك إلى التحول المفاجئ الذى يحدث فى أعداد ونوعيات مختلف الكائنات الدقيقة فى التربة لدى إضافة السماد العضوى الحيوانى إليها، ذلك لأن هذه الأسمدة تحتوى على أعداد هائلة من هذه الكائنات، فضلاً عما توفره من طاقة لنمو وتكاثر هذه الكائنات والكائنات المماثلة الموجودة أصلاً فى التربة. ويكون لنشاط هذه الكائنات الدقيقة – وما تفرزه خلال نشاطها من مضادات حيوية – تأثيرات سلبية كبيرة على نشاط مسببات الأمراض فى التربة.

تتوفر أدلة عديدة على أن التسميد العضوي الجيد يمكن أن يؤدي إلى مقاومة عديد من المسببات المرضية، منها:

Fusarium spp.	*Aphanomyces* spp.
Pyrenochaeta omnivorum	*Macrophomina phaseolina*
Pyrenochaeta lycopersici	*Phytophthora* spp.
Sclerotinia spp.	*Rhizactonia solani*
Streptomyces spp.	Sclerotium *spp.*
Verticillium spp.	*Thielaviopsis basicola*

وفى بعض الأحيان يُنشِّط السماد العضوى إنبات التراكيب الساكنة مثل الأجسام الحجرية sclerotia والجراثيم الكلاميدية chlamydospores والجراثيم البيضية oospores. ولكنها لا يمكنها منافسة النشاط الميكروبى الرمّى، كما قد لا يتوفر لها العائل المناسب فتموت. وفضلاً عن ذلك فإن النشاط الحيوى القوى الذى يوفره السماد العضوى يمكن أن يمنع إنبات الجراثيم أو يؤدى إلى تحللها وموتها المباشر، ويُسهم فى

هذا الأمر كلا من *Pseudomonas* spp، و *Streptomyces* spp.، والبروتوزوا protozoa (Whipps ١٩٩٧).

كما تُنشط الأسمدة العضوية نُموَّ الكائنات المترممة فى التربة، التى تثبط — بدورها — نمو الكائنات المرضة للنباتات. وعلى سبيل المثال .. وجد Asirifi وآخرون (١٩٩٤) أن تسميد حقول الخس بأى من سماد الماشية أو زرق الدواجن (سماد الكتكوت) ثبط نمو الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض عفن اسكليروتنيا الطرى.

التجهيز الجيد لحقل الزراعة

تؤدى الحراثة الجيدة وقلب المخلفات النباتية فى التربة إلى سرعة التخلص من مصدر الغذاء الذى يمكن أن يعتمد عليه المسبب المرضى فى غياب العائل، كما يعرضه للمنافسة القوية من كائنات التربة الأخرى.

كذلك يفيد تمزيق ودفن بقايا النباتات فى التربة فى زيادة فاعلية الدورة الزراعية وسرعة التخلص من المسببات المرضية التى قد توجد فيها. كذلك يساعد دفن البقايا النباتية فى تقليل فرصة وصول المسببات المرضية إلى المحاصيل التالية فى الدورة. أما تمزيق البقايا النباتية فإنه يساعد فى سرعة تحلل كلا من المادة العضوية والمسببات المرضية المتواجدة فيها. فمثلاً .. يمكن للبكتيريا المسببة للعفن الأسود فى الصليبيات أن تعيش على البقايا النباتية — غير المقطعة — فى التربة لمدة عام، ولكن تمزيق تلك البقايا يقلل مدة بقاءها إلى أقل من شهرين (عن Isakeit & Philley ٢٠٠٧).

هذا .. وتشتد الإصابة بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusarium solani* — عادة — فى الأراضى المندمجة compact؛ ولذا .. فإن التجهيز الجيد لحقل الزراعة وتفكيك التربة يفيد فى تجنب الإصابة الشديدة بهذا المرض. وكمثال على ذلك فإن تقليل انضغاط التربة بالحراثة الجيدة يعمل على خفض إصابة الفاصوليا بعفن الجذور الفيوزارى الذى يسببه الفطر *Fusorium solani* f. sp. *phaseoli* (Harveson وآخرون ٢٠٠٥). وبينما يؤدى تفكيك التربة إلى سهولة النمو الجذرى فيها. فإن المجموع

الجذرى الضعيف لا يمكنه النمو فى الأراضى المندمجة. وفى المقابل .. وجد أن سلالات البسلة ذات المجموع الجذرى القوى تميزت بالقدرة الأكبر على النمو فى تلك الأراضى وفى وجود الفطر *F. solani* (Kraft & Boge ٢٠٠١).

زراعة المحاصيل الشراكية والصائدة والحاجزة

المحاصيل الشراكية والصائدة

تعرف المحاصيل الشراكية باسم Decoy Crops، وهى ليست من عوائل مسببات الأمراض التى تستعمل فى مكافحتها، ولكنها تزرع بهدف تنشيط إنبات ونمو الأطوار الساكنة من مسببات الأمراض التى تعيش فى التربة — فى غياب عوائلها المناسبة — الأمر الذى يؤدى إلى سرعة موتها والتخلص منها.

أما المحاصيل الصائدة Trap Crops فهى نباتات شديدة القابلية للإصابة بالآفات أو مسببات الأمراض التى تُستخدم تلك النباتات فى مكافحتها. ويستفاد من هذه النباتات فى المكافحة بزراعتها ثم قلبها فى التربة — أو حصادها — بعد إصابتها، ولكن قبل أن تتكاثر عليها المسببات المرضية وتكمل دورة حياتها، حيث يؤدى ذلك إلى خفض تواجد تلك المسببات المرضية فى التربة.

ومن أمثلة النباتات الصائدة ومسببات الأمراض التى تستخدم تلك النباتات فى مكافحتها ما يلى (عن Palti ١٩٨١).

المرض والمسبب المرضى والعائل	النباتات التى أفادت فى التخلص منه
تثألل جذور الصليبيات *Plasmadiophora brassicae*	الزوان، و *Papaver rthoeas*، و *Reseda odorata*
الجرب المسحوقى فى البطاطس *Spongopora subterranea*	الداتورة
الهالوك *Orobanche* spp.	دوار الشمس، والقرطم، والكتان، والبرسيم الحجازى، والحمص

المرض والمسبب المرضى والعائل	النباتات التى أفادت فى التخلص منه
العدار *Striga asiatica*	حشيشة السودان
نيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne* spp.	*Tagetes patula*، و *Sesamum orientale*، والخروع، والأقحوان (الكريزانثيمم)، والفول السودانى
نيماتودا تقرح الجذور *Pratylenchus penetrans*	*Tagetes patula*
النيماتودا *Trichodorus* spp.	الأسبرجس

ومن الأمثلة الأخرى للمحاصيل الصائدة، ما يلى:

١- زراعة الـ Hubbard Squash لجذب ثاقبة ساق الكوسة وخنفساء الخيار المخططة بعيدًا عن زراعات البطيخ والقرع العسلى والكنتالوب.

٢- زراعة الذرة السكرية أو العادية لجذبها (قبل بزوغ الحريرة) لثاقب الذرة الأوروبى بعيدًا عن زراعات الفلفل، وجذب دودة الكوز (دودة الثمار) بعيدًا عن زراعات الطماطم.

٣- زراعة الصليبيات ثم قلبها فى التربة قبل اكتمال تطور النيماتودا المكونة للحوصلات فيها.

يتطلب اللجوء إلى المحاصيل الصائدة فى مكافحة الحشرات الإلمام بكثير من الحقائق، كما يلى:

١- طريقة تغذية الآفة ووضعها لبيضها؛ علمًا بأن المحصول الصائد يجب أن يكون أكثر جاذبية للآفة – بكثير – كمصدر للغذاء وكموقع لوضع البيض عن المحصول المزروع.

٢- نظام تحرك الآفة فى الحقل؛ ففى معظم الأحيان يُركّز فى زراعة المحاصيل الصائدة على جذب الآفة وتقييد حركة طورها المكتمل النمو، فلا تتحرك نحو المحصول الرئيسى. ولكن إذا ما كانت الأفراد الكاملة النمو لها قدرة عالية على الطيران، ولم يكن المحصول الصائد جاذبًا لها بالقدر الكافى، فإن الآفة قد لا تُقيَّد بواسطة المحصول الصائد.

٣- توزيع زراعة المحصول الصائد، فهل يزرع حول حقل المحصول الرئيسي، أم في مساحات متناثرة فيه؟. يتوقف الأمر على نظام حركة الآفة، ولا توجد قاعدة لنظام زراعة المحصول الصائد يمكن أن تغطي كل الحالات، كذلك فإن الأمر يتوقف على ما إذا كان الحقل الإنتاجي شريطيًّا أم مربعًا.

٤- نسبة مساحة المحصول الصائد من المساحة المحصولية الإجمالية؛ فإن تلك النسبة يجب أن تكون الأفضل من الوجهتين الاقتصادية والعملية لأجل تحقيق الهدف المنشود.

٥- مصير الآفة التي تحط على المحصول الصائد؛ فما لم تمت الأطوار الصغيرة على المحصول الصائد قبل وصولها إلى طور اكتمال النمو، فإن حركتها إلى المحصول الرئيسي تُصبح أمرًا مؤكدًا. ولذا .. يتعين فحص المحصول الصائد بصورة دورية. هذا .. مع العلم بأن بعض النباتات الصائدة يمكن أن تكون جاذبة لوضع البيض عن المحصول الرئيسي، ولكنها لا تسمح بنمو اليرقات عليها؛ مما يؤدي إلى موتها، وذلك كما في حالة الجرجير الأصفر yellow rocket الذي يجذب إليه الفراشة ذات الظهر الماسي لوضع بيضها بنحو ٢٤-٦٦ ضعف جذب الكرنب لها، لكن يرقات الحشرة لا يمكنها النمو على الجرجير الأصفر (Resource Guide for Organic Insect and Disease Management – الإنترنت – ٢٠٠٦).

المحاصيل الحاجزة أو العائقة

تفيد زراعة المحاصيل الحاجزة أو العائقة Barrier Crops في منع انتقال الإصابات الفيروسية بواسطة المنّ، وذلك بإحاطة الحقل بحزام من محصول آخر، مع مكافحة الحشرة في هذا الحزام.

كما يمكن خفض حدة الإصابة بفيرس تبقع الباباظ الحلقي الذي يصيب القرعيات بزراعة حزام من الذرة حول حقل القرعيات، حيث تحط حشرة المنّ المهاجرة إلى الحقل – من الحقول المجاورة – على نباتات الذرة الأكثر طولاً والأكثر جاذبية

للحشرة إذا قورنت بالقرعيات؛ حيث تسبر الذرة بأجزاء فمها الثاقبة الماصة عدة مرات — تفقد خلالها ما قد تحمله من جزيئات هذا الفيرس — قبل أن تنتقل إلى نباتات القرعيات.

وقد أدت زراعة حزام من البطاطس أو فول الصويا أو الذرة الرفيعة أو القمح حول حقول إنتاج تقاوى البطاطس إلى خفض نسبة الإصابة بفيرس واى البطاطس بصورة جوهرية — أيًا كان الحزام المزروع — وذلك مقارنة بترك مساحة الحزام كأرض محروثة. هذا .. إلا أن الحماية التى وفرها الحزام من الإصابة بالفيرس كانت أكبر ما يكون فى الخطوط الخارجية المجاورة للحزام، وأقل ما يكون فى الخطوط التى توجد فى مركز المساحة؛ بما يعنى أن زراعة الأحزمة الواقية حول حقول إنتاج تقاوى البطاطس يفيد إنتاج التقاوى الإليت عندما تكون الحقول بمساحة تقل عن ٠,٢ هكتار، أى حوالى نصف فدان (DiFonzo وآخرون ١٩٩٦).

كذلك أدت زراعة محاصيل حاجزة حول حقل لإنتاج الفلفل إلى وقايته من الإصابة بالفيروسات غير المتبقية التى ينقلها المنّ، وهى: فيرس واى البطاطس، وفيرس موزايك الخيار. خَدَمَ حزام المحاصيل الحاجزة كمتلق للفيروسات القادمة إلى الحقل من خارجه، وإن لم تؤثر فى وصول المنّ — بعد تجريده من تلك الفيروسات — إلى الفلفل. وقد بدا واضحًا أن كفاءة أحزمة المحاصيل الحاجزة تتوقف على الفيرس ذاته وخصائص نقله الحشرى، وارتفاع المحصول الحاجز وقت شدة تعرض الحقل الإنتاجى للمنّ المهاجر. هذا .. ويجب ألا يعمل المحصول الحاجز كمأوى لأى حشرة أو مسبب مرضى يمكن أن يشكل خطورة على المحصول المزروع (Fereres ٢٠٠٠).

المعاملة الحرارية للأجزاء الخضرية المستخدمة فى التكاثر

يؤدى تعريض الأنسجة النباتية لحرارة ٣٦°م إلى حدوث تثبيط كامل لبعض الفيروسات، بينما يحدث وقف لنشاط البعض الآخر. وبمضى الوقت يصبح النسيج

النباتي خاليًا من الفيرس. ومن أمثلة المعاملات التي تجرى تجاريًا — للتخلص من الفيروسات في الأجزاء الخضرية المستخدمة في التكاثر — ما يلي:

١- تخليص درنات البطاطس من فيرس التفاف الأوراق potato leaf roll virus بحفظ الدرنات في حرارة ٣٦°م لمدة ٢٠ يومًا.

٢- تخليص نباتات الفراولة من فيرس التبرقش strawberry mottle virus بحفظ النباتات في حرارة ٣٧°م لمدة ٥٠ يومًا (Smith ١٩٧٧).

٣- كما وجد Kaiser (١٩٨٠) أن تخزين درنات البطاطس المصابة — في حرارة ٣٧ °م لمدة ٣-٦ أسابيع قبل زراعتها — أدى إلى تخليصها تمامًا من الفيروسات التالية:

فيرس التفاف أوراق البطاطس	Potato leaf roll virus
فيرس موزايك البرسيم الحجازي	Alfalfa mosaic virus
فيرس حلقة الطماطم السوداء	Tomato black ring virus

حيث لم تكتشف أي من هذه الفيروسات في النباتات النامية من الدرنات المعاملة. هذا .. إلا أن التخزين في حرارة ٣٧°م لمدة ٦ أسابيع أدى إلى خفض نسبة إنبات الدرنات إلى ٤٤٪-٧٨٪ في ثمانية أصناف من البطاطس.

٤- كذلك تفيد المعاملة الحرارية في تخليص الأجزاء الخضرية المستعملة في التكاثر من مسببات أمراض أخرى، كما يلي (عن Palti ١٩٨١):

المحصول والجزء الخضرى المعامل	المسبب المرضى الذى يتم التخلص منه	المرض الذى يسببه
جذور البطاطا	الفطر *Ceratocystis fimbriata*	العفن الأسود
	الفطر *Monilochaetes infuscans*	القشف Scurf
	النيماتودا *Meloidogyne incagnita*	تعقد الجذور
درنات اليام	النيماتودا *Scutellonema brodys*	
أبصال وبصيلات البصل	الفطر *Peronospara destructar*	البياض الزغبى
شتلات الفراولة	النيماتودا *Aphelenchoides fragariae*	
	النيماتودا *A. ritzemabosi*	

التكاثر بالتطعيم

يقتصر إكثار الخضر بالتطعيم على خضر معينة؛ هي على وجه التحديد: البطيخ، والخيار، والقاوون (الكنتالوب) بأنواعه، والطماطم، والباذنجان.

ويتم إكثار هذه الخضر بالتطعيم لتحقيق عدة أهداف، كما يلي:

١- زيادة تحمل النباتات للحرارة المنخفضة، والملوحة العالية، وغدق التربة.

٢- تحفيز امتصاص الماء والعناصر الغذائية.

٣- زيادة قوة النمو النباتي، وطول فترة الحصاد.

٤- مكافحة بعض الأمراض الهامة التي تعيش في التربة، وتصيب النباتات عن طريق الجذور.

إن من أهم الأمراض التي تمت مكافحتها بكفاءة عن طريق التطعيم على أصول مقاومة الذبول الفيوزاري، والذبول البكتيري، وذبول فيرتسيليم، وعفن جذور مونوسبراسكس monosporascas root rot والنيماتودا، كما أحدث التطعيم — أحيانًا — زيادة في قدرة تحمل النباتات لأمراض النموات الخضرية الفطرية والفيروسية، وكذلك لبعض الحشرات (King وآخرون ٢٠٠٨).

ويذكر Lee (١٩٩٤) الأصول المبينة في جدول (٦-٢) — كأمثلة — لمقاومة أمراض الطماطم التي تعيش مسبباتها في التربة.

جدول (٦-٢): المقاومة التي توفرها بعض أصول الطماطم الشائعة الاستعمال في كل من كوريا واليابان ضد الإصابة ببعض الأمراض التي تعيش مسبباتها في التربة[أ].

الأصل الجذري	فيرس موزايك التبغ	نيماتودا تعقد الجذور	*Pyrenochaeta lycopersici*	*Verticillium dahliae*	*Fusarium oxysporum*	*Ralstonia solanacearum*
BF	S	S	S	S	R	R
LS89	S	S	S	S	R	R

تابع جدول (٦-٢).

الأصل الجذرى	فيرس موزايك التبغ	نيماتودا تعقد الجذور	*Pyrenochaeta lycopersici*	*Verticillium dahliae*	*Fusarium oxysporum*	*Ralstonia solanacearum*
PFN	S	R	S	S	R	R
PFNT	R	R	S	S	R	R
KNVF	R	R	R	R	R	S
KNVF Tm						
Signaal	R	R	R	R	R	S
KCFT-N	R	R	R	S	R	S

(أ): R = مقاوم Resistant، و S = قابل للإصابة Susceptible.

ونعطى – فيما يلى – مزيدًا من الأمثلة لحالات نجح فيها التطعيم على أصول معينة فى مكافحة أمراض هامة:

- أفاد تطعيم البطيخ على اليقطين *Lagenaria siceraria* فى مكافحة مرض الذبول الفيوزارى (Liu وآخرون ١٩٩٥).
- أجريت اختبارات على عدد من أصول الكنتالوب – التى تعرف بمقاومتها التامة أو الجزئية للسلالة 1,2 من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* – لأجل التعرف على مستوى مقاومتها للفطر *Didymella bryoniae*، حيث ظهرت مستويات عالية من المقاومة مع كل من الأصول التالية:

Cucumis anguria

C. ficifolius

C. figarei

C. metuliferus

C. zeyheri

Benincasa hispida

• كذلك كانت الأصول الهجين التجارية ELSI، و ES 99-13، و RS 841 من الجنس *Cucurbita* على مستوى عال مماثل من المقاومة للفطر (Trionfetti Nisini وآخرون ٢٠٠٠).

• يفيد تطعيم الكنتالوب على أصول ذات نمو جذري كثيف وقوى — مثل Pat 81 من *Cucumis melo* subsp. *agrestis* — في حمايته من الإصابة بالتدهور (Dias وآخرون ٢٠٠٢).

• أمكن مكافحة الفطر *Fusorium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum* مسبب مرض عفن الجذور والساق في الخيار بالتطعيم على أصول من هجين الـ *Cucurbita* التجارية Peto 42.91، و TS-1358؛ و TZ-148، مع الحصول على صفات جودة ثمرية عالية (Pavlou وآخرون ٢٠٠٢).

• استُخدم لمكافحة الذبول البكتيري في الطماطم — الذي تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum* أصلين مقاومين. هما أصل الباذنجان EG203، وأصل الطماطم Hawaii 7996. ولقد تراوحت نسبة الإصابة عندما استخدم أصل الباذنجان بين صفر٪، ٢,٨٪، مقارنة بنسبة إصابة تراوحت بين ٢٤,٤٪، و ٩٢,٩٪ في نباتات الكنترول غير المطعومة. وبينما أدت إضافة مخلوط من اليوريا والجير المطفي للتربة إلى زيادة فاعلية أصل الطماطم في مقاومة الذبول البكتيري، فإن تلك الإضافة — التي كان لها تأثير مثبط على البكتيريا — لم تكن مؤثرة في زيادة فاعلية أصل الباذنجان (Lin وآخرون ٢٠٠٨).

• كذلك وجد في الطماطم أن استعمال الأصل Maxifort أدى إلى مكافحة الذبول الفيوزاري بصورة تامة، بينما أدى استعمال أي من الأصلين CRA 66، و Hawaii 7996 إلى التخلص من الإصابة بالذبول البكتيري؛ الأمر الذي يفيد كثيرًا في مكافحة المرضين عند إنتاج الأصناف غير المقاومة لهما والتي تكون متميزة بصفات جودة عالية، كما في الأصناف القديمة المتميزة heirloom varieties (Rivard & Louws ٢٠٠٨).

طريقة الزراعة

لطريقة الزراعة تأثيرات كبيرة على الإصابة بالأمراض، كما يتبين من المناقشة التالية:

الزراعة على مصاطب مرتفعة

تساعد الزراعة على مصاطب مرتفعة فى سرعة تصريف مياه الأمطار، ومياه الرى بالرش أو بالتنقيط، فلا تتعرض الجذور للإصابة بالأعفان. كما تعمل المصاطب المرتفعة — كذلك — على رفع حرارة التربة، مما يساعد على سرعة إنبات البذور وتقليل فرصة تعفنها (عن Isakeit & Philley ٢٠٠٧).

كثافة الزراعة

أمكن الحد من إصابة الفاصوليا بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض العفن الأبيض تحت ظروف الرى بالرش بخفض كثافة الزراعة إلى أربعة نباتات — تبعد عن بعضها البعض بمسافة متساوية — فى كل متر مربع (Vieira وآخرون ٢٠١٠).

مسافة الزراعة

نجد بصورة عامة أن شدة الإصابات المرضية تزداد بنقص مساحة الزراعة.

فمثلاً .. وجد أن شدة إصابة ثمار الفراولة بالبوتريتس تزداد بنقص مسافة الزراعة بين النباتات من ٤٦ سم إلى ٢٣ سم، إلاّ أن المحصول يزداد فى المسافات الضيقة على الرغم من الإصابة (Legard وآخرون ٢٠٠٠).

عمق الزراعة

تؤدى زيادة عمق الزراعة — خاصة فى الأراضى المتوسطة القوام والثقيلة — إلى ضعف تعرض درنات البطاطس للإصابة بالفطر *Phytophthora infestans*. الذى يمكن لجراثيمه السابحة وأكياسه الجرثومية الانتقال إلى أسفل سطح التربة مع حركة الماء. ولكن ذلك

الانتقال يكون لمسافة أكبر فى الأراضى الخفيفة عما فى سواها (Porter وآخرون ٢٠٠٥).

أغطية التربة (الملش)

يفيد استعمال أغطية التربة (الملش mulches) فى مكافحة الحشرات الناقلة للأمراض الفيروسية وبخاصة المنّ والذبابة البيضاء — وبذلك يمكن خفض أو تأخير الإصابة بعديد من الأمراض الفيروسية.

وبالنسبة للمنّ .. فإنه نادرًا ما يفيد استعمال المبيدات — حتى تلك غير المصرح بها فى الزراعة العضوية — فى مكافحة الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرة؛ ذلك لأنها تكون — غالبًا — غير متبقية، ولا يستغرق اكتساب الحشرة للفيرس — عادة — أكثر من ١٥ ثانية من تغذيتها على نبات مصاب، ويمكن للحشرة التى اكتسبت الفيرس أن تنقله مباشرة إلى نبات سليم — دون أن تمر بفترة حضانة — وذلك فى خلال ١٥ ثانية أخرى من تغذيتها عليه. ويعنى ذلك أن الحشرة الحاملة للفيرس يمكنها نقله إلى النبات السليم قبل أن يقضى عليها المبيد.

كذلك يفيد استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة فى خفض شدة الإصابة ببعض الأمراض والآفات الأخرى.

الأغطية البلاستيكية العاكسة للضوء

تستعمل لهذا الغرض الأغطية البلاستيكية (أغطية البوليثيلين) البيضاء أو ذات السطح الفضى. توضع هذه الأغطية على سطح التربة قبل الزراعة لتحقيق عدة أهداف، ولكن ما يهمنا فى هذا المقام أنها تعمل على طرد الحشرات؛ بسبب انعكاس الأشعة فوق البنفسجية من عليها؛ الأمر الذى يحدث ارتباكاً لبعض الحشرات (مثل: المنّ، والتربس، والذبابة البيضاء، وصانعات الأنفاق) عندما تحاول أن تحط على النباتات، وبذا فهى تفيد فى مكافحة الحشرات ذاتها، وفى الحد من انتشار الأمراض الفيروسية التى تنقلها تلك الحشرات.

ومن بين الفيروسات التى تكافح بهذه الطريقة — فى الولايات المتحدة — فيرس موزايك الخيار وفيرس Y البطاطس فى الفلفل، وفيرس موزايك البطيخ فى الكوسة، وغيرها من الفيروسات، وخاصة الفيروسات غير المتبقية التى ينقلها المنّ، والتى لا يفيد معها — كثيرًا — استعمال المبيدات ضد المنّ؛ حيث يمكن أن تنقل الحشرة الفيرس إلى النبات السليم قبل أن تموت بفعل المبيد.

الأغطية البلاستيكية الصفراء الجاذبة للحشرات

يفيد استخدام البلاستيك (البوليثيلين) الأصفر - كغطاء للتربة فى حالة الطماطم — فى خفض معدلات الإصابة المبكرة بفيرس تجعد واصفرار أوراق الطماطم؛ لأنه يجذب إليه حشرة الذبابة البيضاء الناقلة للفيرس؛ مما يؤدى إلى موتها بفعل ملامستها للبلاستيك الساخن (عن Cohen & Melamed-Madjar ١٩٧٨).

كما وجد أن الأغطية البلاستيكية الصفراء — وبدرجة أقل الأغطية البرتقالية اللون — تجذب إليها حشرة منّ الخوخ *Myzus persicae* (عن Csizinsky وآخرين ١٩٩٥).

دور أغطية النباتات

توفر الأغطية النباتية الطافية floating plant covers (أو suspended row covers) — وهى أغطية توضع فوق النباتات مباشرة فى خطوط الزراعة — حماية من عديد من الإصابات الفيروسية التى تنقلها الحشرات، وخاصة تلك التى تنقلها حشرات المنّ، والذبابة البيضاء، والتربس.

وهذه الأغطية غير منسوجة، وتصنع إما من البولسترين (مثل: Agryl P17، و Agronet)، وإما من البولى بروبلين (السلوفان مثل: Base UV17)، وهى خفيفة الوزن؛ حيث لا يزيد وزنها على ١٧ جم لكل متر مربع؛ وتسمح بنفاذ الماء والهواء، ونحو ٩٠٪-٩٥٪ من الضوء الساقط عليها. كما تسمح برش المبيدات من خلالها، ولا تؤدى إلى تكثيف الرطوبة. وتعمل التهوية الجيدة من خلالها على منع خفقان الغطاء بفعل الرياح.

توضع هذه الأغطية إما على النباتات مباشرة، وتثبت من الحواف بالتربة على ألا تكون مشدودة لكى تسمح بالنمو النباتى، وإما أنها توضع على أقواس سلكية متباعدة تُثبت على خطوط الزراعة. والطريقة الثانية هى المفضلة، ويلزم معها تغليف الأقواس السلكية بخراطيم رى بالتنقيط مُسْتَهْلَكة للمحافظة على الغطاء من التمزق.

تستعمل هذه الأغطية فى الزراعات الحقلية لوقاية النباتات من جميع الأمراض الفيروسية التى تنقلها الحشرات؛ فهى – مثلاً – تستخدم بصورة تجارية لحماية الطماطم من فيرس تجعد واصفرار الأوراق فى منطقة الشرق الأوسط. وفى حماية الكوسة من فيرس تجعد أوراق الكوسة.

وإلى جانب الحماية من الإصابات الفيروسية، فإن الأغطية النباتية تحمى النباتات – ابتداء – من الإصابات الحشرية. فمثلاً .. وفّرت هذه الأغطية حماية لنباتات الكرنب من الإصابة بكل من المنّ، والفراشة ذات الظهر الماسى، ويرقات رتبة حرشفية الأجنحة؛ الأمر الذى قلل كثيرًا من الحاجة إلى استعمال المبيدات الحشرية.

وفى حالة القرعيات – وهى من المحاصيل الخلطية التلقيح – يتعين رفع الغطاء عن النباتات عند بداية مرحلة ظهور الأزهار المؤنثة.

وإلى جانب الأغطية النباتية المصنوعة من البوليسترين والبولى بروبلين، فقد ظهرت – كذلك – أغطية طافية خفيفة الوزن مصنوعة من البوليثيلين Spunboded polyethylene row covers. وقد نجح استعمال هذه الأغطية – فى فلوريدا – فى حماية الكوسة من الإصابة بكل من الفيروسات التى ينقلها المنّ، والتلون الفضى الذى تحدثه تغذية الذبابة البيضاء، فضلاً عن استبعاد الغطاء للمنّ، والذبابة البيضاء، وحشرات أخرى؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة المحصول بدرجة كبيرة للغاية مقارنة بعدم التغطية، وكانت الزيادة فى المحصول أكبر عندما ترك الغطاء فى مكانه إلى ما بعد بداية الإزهار بمدة أسبوع واحد على الأقل (Webb & Linda ١٩٩٢).

وأدى استعمال أغطية البولى بروبلين الطافية إلى حماية نباتات الطماطم من كل من

فيرس ذبول الطماطم المتبقع الذى ينقله إليها التربس، وفيرس موزايك الخيار والذى ينقله إليها المنّ (Pentangelo وآخرون ١٩٩٩).

كما يؤدى استعمال الأغطية النباتية الطافية لنباتات الكوسة بعد شتلها مباشرة ولمدة ١٨ يومًا فقط (حيث أزيلت بعد ذلك للسماح بتلقيح النحل للأزهار) إلى زيادة المحصول بنسبة ٦٠٪ بسبب حماية الغطاء لها من الإصابة بالذبابة البيضاء التى تنقل لها فيروسات الجيمنى (Jensen وآخرون ١٩٩٩).

تغطية النباتات بشباك بيضاء طاردة للحشرات

أدى وضع شباك بوليثيلين بيضاء اللون — أعلى مستوى نباتات الفلفل بنحو ٥٠سم — إلى خفض معدل إصابتها بفيرس موزايك الخيار وفيرس Y البطاطس اللذين ينقلهما المنّ. وكانت الشباك البيضاء أكثر فاعلية من كل من: الشباك الصفراء اللون، والشباك ذات اللون الرمادى الفاتح.

وأوضحت الدراسات أن استعمال شباك ذات فتحات بأبعاد ١٠ × ٣ مم، وخيوط قطرها ١,٣ مم — والتى تقلل الإضاءة بنحو ٢٠٪ — كان أفضل من غيرها؛ وذلك لانخفاض أسعارها، مع احتفاظها بفاعليتها فى طرد الحشرات الناقلة للفيروسات.

وقد كان متوسط أعداد المنّ فى مساحة ٣٠ × ٣٠ سم هو ٦,٦ فردًا تحت الشباك البيضاء، مقارنة بنحو ٤٦,٠ فردًا تحت الشباك الصفراء، و ٥٥,٣ فردًا فى معاملة الشاهد بدون شباك.

وتؤدى الشباك دورًا مزدوجًا؛ فهى تطرد المنّ بما تعكسه من ضوء، كما أنها تخفى المحصول عن المنّ الذى لا يزيد مدى رؤيته على ٥٠ مم (عن Palti ١٩٨١).

المكافحة الميكانيكية للحشرات

أمكن مكافحة عديد من الحشرات الصغيرة فى حقول الفراولة بواسطة شفطها بجهاز

يمر على مصاطب الزراعة يطلق عليه اسم بيوفاك Biovac، وهو جهاز صُمِّمَ خصيصًا للفراولة؛ حيث يخلص النباتات من الجزء الأكبر من تلك الحشرات. ويوصى بعدم استعمال الجهاز بين الساعة الثامنة صباحًا والسادسة مساءً وهي الفترة التي ينشط فيها النحل؛ ذلك لأن مروره في وجود النحل - في أحد الاختبارات - أدى إلى طيران ١٩٪ فقط من أفراد النحل، ومن بين الأعداد المتبقية .. شفط الجهاز ٦١٪ منها، بينما تعلقت الباقيات (٣٩٪) بالنباتات (Chiasson وآخرون ١٩٩٧).

كما أمكن خفض أعداد عديد من الحشرات - مثل الذبابة البيضاء والمنّ، و *Empoasca* spp. - بمعدلات تراوحت بين ٥٠٪، و ٧٥٪ بطريق الشفط الهوائي من أعلى المصاطب بعد تحريك تلك الحشرات من أماكنها بالأوراق بدفع تيار هوائي قوى من جانبي المصطبة. أما صانعات الأنفاق فلم تكن تلك الطريقة مؤثرة معها بسبب قدرتها القوية على الطيران (Weintraub وآخرون ١٩٩٦).

وقد أمكن بتلك الطريقة تقليص أعداد الذبابة البيضاء في حقول الكنتالوب بنسبة ٣٠٪ إلى ٦٠٪ عن طريق شفطها. أجرى ذلك بتركيب وحدة على الجرار تقوم أثناء سيره على مصاطب الكنتالوب بدفع تيار هواء قوى على جانبي المصطبة نحو النباتات في الوقت الذي يتم فيه شفط الهواء بالتفريغ من أعلى النباتات (Weintraub & Horowitz ١٩٩٩).

الفصل السابع

بدائل المبيدات المصرح باستخدامها فى مكافحة الأمراض

على الرغم من أن مصطلح "بدائل المبيدات" يمكن أن يتسع ليتضمن كافة وسائل المكافحة بغير المبيدات (بما فى ذلك مختلف الأساليب الزراعية والمكافحة البيولوجية ووسائل حثّ المقاومة الجهازية) .. فإننا نقصر مناقشتنا هنا على بدائل المبيدات التى تعامل بها النباتات رشًا أو عن طريق التربة – مثل المبيدات – ولكنها لا تعد من المبيدات، ولا تحتوى على كائنات دقيقة، وليس لاستعمالها تأثيرات سلبية على البيئة والإنسان والحيوانات الزراعية والحياة البرية، مثلما تؤثر المبيدات.

المستخلصات النباتية

إن المستخلصات النباتية المستعملة فى مكافحة المسببات المرضية كثيرة جدًا ومتنوعة، وهى تحتوى – غالبًا – على زيوت قد تكون أساسية essential oils، أو نباتية vegetable oils، وقد يرجع تأثيرها إلى ما تحتويه من زيوت، أو إلى ما قد يتواجد فيها من مركبات طبيعية مضادة للمسببات المرضية أو حاثة لتنشيط الجهاز الدفاعى النباتى.

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة الفطريات

من بين الدراسات الهامة فى هذا المجال ما يلى:

• وُجد أن مستخلص أوراق نبات *Reynoutria sachalinensis* شديد الفاعلية فى مكافحة فطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى فى القرعيات، وكذلك مكافحة البياض الدقيقى فى كل من الطماطم والتفاح والبيجونيا، وتم إنتاج مستخلصات مركزة تجارية (Milsana flüsig) منها لهذا الغرض.

وقد أدى رش الخيار – أسبوعيًا – بهذا المستخلص بتركيز ٢٪ إلى مكافحة مرض البياض الدقيقى (*S. fuliginea*) بنفس كفاءة مبيد البينوميل. وجعلت المعاملة أوراق الخيار أكثر اخضرارًا ولمعانًا.

ومن التأثيرات الجانبية الأخرى للمعاملة بهذا المستخلص أنه يزيد من تركيز الكلوروفيل، كما يزيد من نشاط بعض الإنزيمات؛ مثل: الـ peroxidase، والـ β-1,3-glucanase، وأيضًا يؤدى إلى زيادة إنتاج الإثيلين.

ويبدو أن المستخلص التجارى Milsana flüsing يؤدى بصورة غير مباشرة إلى زيادة مقاومة النباتات لفطريات البياض الدقيقى (Daayf وآخرون ١٩٩٥)، وذلك من خلال إحداثه لمقاومة موضعية. وبدا أن تكوين مركبات فينولية كان له علاقة بالمقاومة التى أحدثتها المعاملة (Wurms وآخرون ١٩٩٩).

فقد أدت معاملة نباتات الخيار بمستخلص أوراق نبات الملسانا milsana (أو الـ knot weed الذى يتبع عائلة Polygonaceae ويعرف بالاسم العلمى *Reynoutria sachalinensis*) .. أدت المعاملة به إلى إنتاج نباتات الخيار لكل من المواد الفينولية التالية:

Para-coumaric acid	caffeic acid
Ferulic acid	para-coumaric acid methylester

كان إنتاج تلك الفينولات فى كل من الأصناف القابلة للإصابة والأصناف المقاومة للبياض الدقيقى. وقد أظهرت تلك المركبات نشاطًا مضادًا لفطريات *Botrytis cinerea*، و *Pythium ultimum*، و *P. aphanidermatum*. لذا .. يعتقد بأن المعاملة بمستخلص أوراق الملسانا أدت إلى حث الخيار لتكوين مركبات مضادة للفطريات عملت على تثبيط الإصابة بالبياض الدقيقى دون أن يكون لذلك علاقة بالمقاومة الوراثية للمرض (Daayf وآخرون ٢٠٠٠).

- أوضحت دراسات Haberle & Schlosser (١٩٩٣) على الخيار أن رش النباتات

بالتلميون Telmion (وهو منتج يحتوى على ٨٥٪ من زيت بذور لفت الزيت) أدى إلى مكافحة الفطر *Sphaerotheca fuliginea* بنسبة تزيد على ٩٠٪.

• وكذلك حققت الزيوت البستانية مع المواد الناشرة مكافحة جيدة لكل من فطر البياض الدقيقى *Leveillula taurica*، وفطر *Alternaria alternata* فى الفلفل (Ziv وآخرون ١٩٩٤).

• أمكن خفض شدة الإصابة بالبياض الدقيقى فى البسلة بأى من التحضيرين أجوين ajoene وهو مستخلص من الثوم، ونيمازال neemazal وهو مستخلص من النيم *Azadirachta indica*. وقد تراوحت التركيزات المستعملة بين ١٠٠–٧٥٠، و ٥٠–٢٥٠ جزء فى المليون للمركبين على التوالى (Prithiviraj وآخرون ١٩٩٨).

• وجد كذلك أن مستخلصات بعض النباتات الطحلبية liverworts (من الـ Bryophytes)، مثل: *Bazzani trilobata*، و *Diplophyllum albicans* تؤدى عند رشها على نباتات الطماطم إلى حمايتها – بعد المعاملة بخمسة أيام – من الإصابة بالفطر *Phytophthora infestans* مسبب مرض الندوة المتأخرة؛ بما يعنى أنها تستحث المقاومة فى النباتات (Mekuria وآخرون ١٩٩٩).

• وجد أن المستخلص المائى لنبات *Robinia pseudoacacia* Linn يحتوى على مركبين نشطين بيولوجيًا يلعبان دورًا فى مكافحة الفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى فى الخيار عند رش نباتات الخيار بهما (Zhang وآخرون ٢٠٠٧).

• أدت معاملة نباتات الفلفل – عن طريق التربة – بمستخلص حشيشتى البحر: *Stokeyia indica*، و *Solieria robusta* وحدهما، أو مع البكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* – وهى من بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو – إلى تثبيط إصابة جذور الفلفل بفطريات الجذور *Macrophomina phaseolina*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium solani*، ونيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne javanica*. كذلك أحدثت

المعاملة بحشائش البحر والبكتيريا منفردتين ومجتمعتين زيادة فى قوة نمو نباتات الفلفل (Sultana وآخرون ٢٠٠٨).

● أمكن استخلاص زيت من النبات الأسترالى الموطن *Melaleuca alternifolia* يحتوى على أكثر من ١٠٠ مركب معظمها من الـ monoterpenes والـ sesquiterpenes والكحولات. وقد أعطى هذا المنتج عند رشه على النباتات بتركيز ٠,٥٪ إلى ١٪ مكافحة جيدة لعدد كبيرة من الأمراض الفطرية، منها كلاً من البياض الزغبى والبياض الدقيقى، هذا فى الوقت الذى لم يكن فيه للتيموركس أى تأثير سلبى على عشائر الأعداء الطبيعية (Reuveni وآخرون – Biomar Israel Ltd – الإنترنت – ٢٠٠٧).

● اختُبر معمليًا تأثير مستخلصات ٣٤٥ نوعًا نباتيًا، و ٤٩ زيتًا أساسيًا على الفطر *Botrytis cinerea*. ولقد أظهر ١٣ مستخلصًا نباتيًا منها – معظمها من جنسى *Allium*، و *Capsicum* – أقوى تأثير. ومن بين الزيوت الأساسية التى اختبر تأثيرها .. كان أقواها ضد الفطر زيوت الـ palmarosa (وهو: *Cymbopogon martini*)، والزعتر الأحمر (*Thymus zygis*) والقرفة (*Cinnamomum zelyanicum*)، والـ clove (وهو *Eugenia carophyllata*). ولقد كانت أكثر مكونات الزيوت تواجدًا وأقواها تأثيرًا ضد الفطر limonene، و cincole، و β-myrcene، و α-pinene، و β-pinene، و camphor (Wilson وآخرون ١٩٩٧).

● أظهر الزيت الأساسى لنبات *Hyptis suaveolens* (وهو حشيشة عشبية حولية تنمو بريًا فى الهند) نشاطًا معنويًا مضادًا لفطريات التربة *Phizoctonia solani*، و *Corticium rolfsii*، و *Sclerotinia sclerotiorum*. ولقد أدت المعاملة بالزيت إلى الحد بشدة من إنبات الجراثيم الأسكية للفطر *S. sclerotiorum* وصل إلى ١٠٠٪ تقريبًا عند تركيز ١٠٠٠ جزء فى المليون للزيت. كذلك أدت المعاملة بالزيت مع فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum* إلى مكافحة الذبول وأعفان الجذور لنبات *Brassica oleracea* var. *gongylodes* التى يسببها الفطر *S. sclerotiorum*. وقد أثرت المعاملة

بالزيت على نمو الميسيليوم دون أن تؤثر على حيوية الأجسام الحجرية لأى من الفطريات الثلاثة (Singh & Handique ١٩٩٧).

● تعتمد استراتيجية مكافحة العفن الأبيض فى البصل والثوم الذى يسببه الفطر *Sclerotium cepivorumn* على خفض أعداد الأجسام الحجرية للفطر فى التربة. ونجد تحت الظروف الطبيعية أن الأجسام الحجرية للفطر تنبت وتُحدث الإصابة استجابة لمنبهات كيميائية خاصة تفرزها جذور العائل، وتعد الـ alkenyl L-cystein sufoxides التى تتواجد بإفرازات جذور الثوميات هى المواد الأولية للمركبات المتطايرة allyl sulfides، و propyl sulfides التى تحفز إنبات الأجسام الحجرية. هذا إلاّ أنه يمكن تحفيز إنبات الأجسام الحجرية للفطر – كذلك – بكل من زيتى البصل والثوم اللذان يحتويان على مركبات مشابهة لتلك التى توجد فى إفرازات الجذور.

● وقد أدت معاملة التربة بمسحوق الثوم إلى موت أكثر من ٩٠٪ من الأجسام الحجرية للفطر فى خلال ثلاثة شهور من المعاملة، وكانت هذه النتيجة مماثلة لتلك التى حققتها معاملة التربة ببروميد الميثايل. ولقد كان مستوى إهلاك الأجسام الحجرية الذى حققته المعاملة بمسحوق الثوم بمعدل ١١٢ كجم للهكتار (٤٧ كجم للفدان) مماثلاً لذلك الذى حققته المعاملة ببروميد الميثايل بمعدل ٤٤٨ كجم للهكتار (١٨٨ كجم للفدان). وعلى الرغم من الخفض الشديد الذى حققته تلك المعاملات فى أعداد الأجسام الحجرية للفطر، فإن الفطر المرض سبب أضرارًا جسيمة فى النمو النباتى ومحصول الثوم الذى زرع فى نفس الحقل بعد عام واحد من إجراء المعاملات (Davis وآخرون ٢٠٠٧).

● وقد تعود منتجى الزراعات العضوية على الرش بمستخلص نبات ذنب الخيل *Eqyisetum arvense* لأجل مكافحة الأمراض الفطرية، مثل مرض الذبول الطرى، وتبين أن هذا النبات يحتوى على سيليكا طبيعية بنسبة ١٥٪–٤٠٪. وتستخدم سيليكات البوتاسيوم – حاليًا – كبديل لهذا المستخلص (Quarles ٢٠٠٧).

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة البكتيريا

وجد أن رش نباتات الطماطم بمستخلص أى من الثوم أو نبات *Ficus carica* يخفض من شدة إصابتها بكل من المسببات المرضية البكتيرية *Clavibacter michiganesis* subsp. *michiganensis* (مسبب مرض التقرح البكتيرى)، و *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (مسبب مرض النقط البكتيرية)، و *Xanthomonas vesicatoria* (مسبب مرض البقع البكتيرية)، حيث أدت المعاملة إلى مقاومة الأمراض بنسبة ٦٥٪، و ٣٨٪ للمستخلصين — على التوالى — مقارنة بالمقاومة القياسية باستعمال المركبات النحاسية (Balestra وآخرون ٢٠٠٩).

استعمال المستخلصات النباتية فى مكافحة الفيروسات

وجد أن معاملة الأوراق السفلى للنباتات — رشًا أو بالحك — بمستخلص أوراق النبات *Clerodendrum aculeatum* يستحث فى النباتات تطوير مستوى عال من المقاومة الجهازية ضد الإصابات الفيروسية من خلال إنتاجها — بعد المعاملة بمستخلص النبات — لعامل مثبط للفيروسات virus inhibitory agent.

فقد أدى رش نباتات فاصوليا المنج *Vigna radiata* بمستخلص نبات *C. aculeatum* إلى تقليل إصابتها بفيرس موزايك فاصوليا المنج الأصفر، حيث كانت النباتات المعاملة إما عديمة الأعراض أو ظهرت عليها أعراض طفيفة للإصابة بالفيرس مقارنة بأعراض شديدة ظهرت على نباتات الكنترول. كذلك أعطت معاملة التربة بمسحوق جاف لأوراق *C. aculeatum* نتيجة مماثلة لتلك المتحصل عليها بالرش بمستخلص النبات (Verma & Singh ١٩٩٤).

ولقد أمكن تنقية وعزل المركب الموجود فى أوراق نبات *C. aculeatum*، وتبين أنه بروتين ذات كتلة جزيئية مقدرها ٣٤ كيلو دالتون. ولقد أدت معاملة النباتات بهذا البروتين إلى حثها لتطوير مقاومة عالية جدًا ضد الإصابات الفيروسية. وأمكن ملاحظة تلك الحالة بعد ساعات قليلة من عدوى النباتات بالفيرس، حيث كانت البقع المرضية

إما أقل عددًا، وإما غائبة تمامًا. وتبعًا للنوع النباتي، فإن الحد الأدنى للوقت الذى لزم مروره لظهور المقاومة الجهازية فى الأوراق غير المعاملة بالنباتات القابلة للإصابة تراوح بين ٥ دقائق وثلاثون دقيقة (Verma وآخرون ١٩٩٦).

كما أدى رش نباتات الطماطم بأى من الزيوت الأساسية geraniol (وهو monoterpene يمثل مكون رئيسى لعدد من الزيوت الأساسية)، وزيت الـ lemongrass (وهو *Cymbopogon flexuosus*)، وزيت الـ tee tree (وهو *Melaleuca alternifolii*)، مع الكاولين kaolin — الذى يكون غشاء على سطح الورقة — إلى حماية النباتات من الإصابة بفيرس ذبول وتبقع أوراق الطماطم (Reitz وآخرون ٢٠٠٨).

وإلى جانب التأثير المباشر لمركبات الـ limonoids — مثل الـ azadirachtin — التى توجد فى زيت النيم — فى مكافحة الحشرات، فإن زيت النيم — مثل أى زيت آخر يستعمل فى المجال الزراعى — يفيد — كذلك — فى إعاقة اكتساب المنّ للفيروسات التى تنقلها، وقد ظهر ذلك التأثير فى تثبيط زيت النيم لانتقال فيرس واى البطاطس فى الفلفل بواسطة المنّ *Myzus persicae* (Lowery وآخرون ١٩٩٧).

الزيوت المعدنية

تفيد الزيوت المعدنية كثيرًا فى الحد من انتشار الفيروسات غير المتبقية التى تنقلها الحشرات.

وقد وجد أن الزيوت تتجمع فى الشقوق الدقيقة بين خلايا البشرة، وهى نفس المنطقة التى تتغذى فيها حشرة المنّ. وعندما تتغذى الحشرة تتلوث أجزاء الفم الثاقبة الماصة بالزيت، ومن هذه اللحظة تتوقف قدرتها على التقاط الفيرس، أو نقله، أو إحداث إصابة جديدة.

وقد ثبت فاعلية الزيوت فى تقليل انتقال الفيروسات غير المتبقية، ونصف المتبقية. والمتبقية التى ينقلها المنّ، والفيروسات التى تنقلها الذبابة البيضاء.

واستخدمت الزيوت بنجاح على نطاق تجارى فى إنتاج كل من: الفلفل، والكوسة، والطماطم فى الولايات المتحدة وبعض الدول الأخرى.

وعند استخدام الزيوت فى مكافحة المنّ يجب الاستمرار فى رش النباتات بصفة دورية حتى الحصاد، كما يجب أن يغطى الرش جميع أجزاء النبات؛ لأن الزيت يعطى وقاية فقط ولا يقتل الحشرة، كما يجب أن يكون الرش كل خمسة أيام فى الأوقات التى تكثر فيها الأطوار المجنحة. وكل سبعة أيام فى النباتات السريعة النمو كالقرعيات والطماطم.

الكبريت والمركبات النحاسية

إن أهم المواد غير العضوية غير المخلقة التى يُسمح باستعمالها فى مكافحة الأمراض فى الزراعات العضوية، هى تلك التى يكون أساسها النحاس والكبريت، وهى مركبات تستخدم منذ مئات السنين، وهى رخيصة الثمن، ومتوفرة، ولا تشكل تهديدًا للبيئة.

للمركبات النحاسية تأثير واسع واقٍ ضد مدى واسع من مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية، ولكن لا يمكن الاعتماد الكامل عليها فى المكافحة؛ ذلك لمحدودية تأثيرها. كذلك فإن للكبريت بعض التأثير على عديد من مسببات الأمراض، وبخاصة تلك المسببة للبياض الدقيقى (Toike وآخرون ٢٠٠٠).

الكبريت

يمكن استعمال الكبريت تعفيرًا، وكمسحوق قابل للبلل، وكمسحوق، وكسائل، وهو فعّال خاصة ضد أمراض البياض الدقيقى، وبعض الأصداء، ولفحات الأوراق وأعفان الثمار، كما أنه يفيد مع العنكبوت الأحمر والتربس.

ومن أهم عيوب استعمال الكبريت احتمال إحداثه لأضرار بالنباتات فى الجو الذى ترتفع حرارته عن ٣٢°م، كما أنه لا يجوز خلطه مع المبيدات الأخرى، ولا يجوز استعماله فى المكافحة قبل مرور ٢٠ إلى ٣٠ يومًا على آخر رشة بالزيوت؛ نظرًا لأن تفاعلهما معًا يمكن أن يحدث أضرارًا أشد بالنباتات.

لا يعد الكبريت سامًا للثدييات، ولكنه قد يُلهب الجلد والعيون، علمًا بأن الـ LSD_{50} = ٥٠٠٠ مجم لكل كيلوجرام (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

المركبات النحاسية

إن من أهم المركبات النحاسية المستخدمة في مكافحة الأمراض في الزراعات العضوية كل من: أيدروكسيد النحاس (مثل الكوسيد)، وأكسيد النحاس، وأوكسي كلورور النحاس (مثل الكبرافيت)، وكبريتات النحاس.

يفضل عند الرش بالمركبات النحاسية أن يكون pH محول الرش أعلى من ٦,٠، وإلاّ فإنه يمكن أن يسبب سمية للنباتات.

بعد وصول أيون النحاس إلى الفطر أو البكتيريا فإنه يتحد بعديد من المجموعات الكيميائية مثل الـ imidazoles، والـ phosphates، والـ sulfhydryls، والـ hydroxyls التي تتواجد في عديد من البروتينات ويعطل عملها، مما يؤدى إلى وقف عمل البروتين ذاته.

هذا .. ويُمتص أيون النحاس بواسطة الجراثيم الفطرية أثناء إنباتها؛ ولذا .. يتعين تكرار الرش بالنحاس أثناء النمو النباتي للمحافظة على استمرار تواجده في السطح الورقي، علمًا بأن النحاس يمكن أن يبقى على الأوراق مدة ٧-١٤ يومًا ما لم يغسل بفعل الأمطار أو مياه الري بالرش.

وقد طورت بعض المسببات المرضية البكتيرية سلالات مقاومة للمركبات النحاسية.

وبينما تنخفض سمية المركبات النحاسية بالنسبة للإنسان، فإنها تعد عالية السمية للأسماك، والنحل، والحيوانات الزراعية، ومختلف الكائنات الدقيقة بما في ذلك تلك التي قد تستخدم في المكافحة الحيوية (Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — كورنل — الإنترنت — ٢٠٠٦).

أملاح البيكربونات

تستعمل كلا من بيكربونات الصوديوم وبيكربونات البوتاسيوم فى مكافحة بعض الأمراض، ويسمح باستعمال بيكربونات الصوديوم فى الزراعات العضوية، بينما لا يسمح ببيكربونات البوتاسيوم لهذا الغرض. وكلاهما يفيد فى مكافحة البياض الدقيقى على مختلف المحاصيل.

توفر بيكربونات الصوديوم مكافحة جيدة ضد عديد من الفطريات إذا استخدمت بتركيز ٠,٥٪ فى الماء مع ٠,٥٪ زيت خفيف أو زيت نباتى. وقد أنتج مركب تجارى يعرف باسم ريميدى Remedy يحتوى على بيكربونات الصوديوم ويستخدم فى مكافحة كلاً من البياض الدقيقى، وتبقعات الأوراق، والأنثراكنوز، والفيتوفثورا، والفوما phoma، والجرب، والبوتريتس botrytis. ويلزم لنجاح المكافحة تكرار الرش أسبوعيًا إلى حين انتهاء المشكلة (Attra أترا — Integrated Pest Management for Greenhouse Crops — الإنترنت — ٢٠٠٧).

ولقد انخفضت شدة الإصابة بعديد من الأمراض بالمعاملة ببيكربونات الصوديوم أو البوتاسيوم، والبيكربونات المخلوطة بالزيوت، وذلك فى عديد من المحاصيل، وبخاصة القرعيات، والفاصوليا، والطماطم؛ لأجل مكافحة البياض الدقيقى، والفيروسات التى تنقلها الحشرات، ولأجل مكافحة اللفحة المبكرة وتبقع الأوراق السركسبورى فى الطماطم، والصدأ فى الفاصوليا والقمح، ولفحة الساق فى الأسبرجس، ومكافحة كل من تبقع الأوراق الألترنارى والأنثراكنوز، والبياض الزغبى ولفحة الساق الصمغية فى القرعيات (عن McGrath & Shishkoff ٢٠٠٠).

اللبن الفرز

يؤدى رش الشتلات بمسحوق لبن فرز (منزوع الدسم) مجفف يحتوى على ما لا يقل عن ٣٥٪ بروتين، بتركيز ١٠٪ إلى مكافحة انتشار الفيروسات التى تنتقل ميكانيكيًا — مثل فيرس موزايك التبغ — عند تداول البادرات (Bosland & Votava ٢٠٠٠).

الشيتين والشيتوسان

تستخلص البروتينات الشيتينية من الأغلفة الخارجية الصلبة لبعض الأحياء المائية، مثل الجمبرى، وسرطان البحر، وغيرهما.

وقد استخدمت البروتينات الشيتينية في تحضير مركبات تجارية مثل الشيتوسان chitosan، وهى تكسب النباتات مقاومة ضد الإصابة بالفطريات والنيماتودا كما يستدل من الأمثلة التالية:

- وجد Evans (١٩٩٣) أن إضافة الشيتين chitin إلى التربة أفاد في مكافحة الفطر *Plasmodiophora brassicae* مسبب مرض الجذر الصولجانى في الكرنب الصينى.
- أكسبت معاملة البذور بالشيتوسان نباتات الطماطم مقاومة للفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* مسبب مرض عفن التاج والجذور، ولكن إضافة المركب إلى التربة — مع معاملة البذور — حققت نتائج أفضل في مكافحة المرض وحماية البادرات (Benhamou وآخرون ١٩٩٤).
- أدت معاملة جذور الجزر بالشيتوسان بتركيز ٢٪ أو ٤٪ إلى الحد — بشدة — من إصابتها بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* (Cheath وآخرون ١٩٩٧).
- أدت معاملة التربة بالشيتين chitin قبل زراعة الكرفس إلى تقليل إصابته بالذبول الفيوزارى، هذا بينما لم يؤثر غمس الجذور في الشيتوسان chitosan على شدة الإصابة إلاّ عندما أجريت على صنف متحمل للمرض. ولقد أدت معاملة التربة بالشيتين إلى زيادة أعداد البكتيريا والأكتينوميسيتات actiomycets بها. وتجدر الإشارة إلى أنه لا إضافة الشيتين إلى التربة ولا غمس جذور الشتلات في الشيتوسان قلل من تواجد الفطر *Fusarium oxysporum* بالتربة، إلا إنه لم يعرف — على وجه التحديد — تأثير كلتا المعاملتين على تواجد الفطر *F. oxysporum* f. sp. *apii* (Bell وآخرون ١٩٩٨).

المواد الحاثّة للمقاومة

تستحِثُ مركبات بسيطة – لا تتشابه في تركيبها – تطوير مقاومة جهازية في

نباتات متباعدة عن بعضها تقسيميًا ضد عديد من المسببات المرضية الفطرية والبكتيرية والفيروسية. ويترافق مع ظهور المقاومة الجهازية المستحثة تراكم سريع لمركبات دفاعية لا تتشابه فى تركيبها وذات وظائف متباينة، مثلما يحدث طبيعيًا فى حالات المقاومة الوراثية (Kuć ٢٠٠١). ويعرف عدد من تلك المركبات الحاثة للمقاومة، إلا إنها - وباستثناء القليل منها - مركبات مخلقة لا يسمح باستعمالها فى الإنتاج العضوى.

إن المعاملة الموضعية ببعض الأملاح، مثل الفوسفات والفوسفيت، والسيليكات والأوكسالات تستحث مقاومة جهازية ضد مدى واسع من المسببات المرضية. كذلك وجد أن العناصر الدقيقة - وبخاصة الزنك والنحاس والمنجنيز - يمكن أن تقوى الجهاز المناعى النباتى. كذلك يعد الشيتين والشيتوسان - اللذان سبقت الإشارة إليهما - من المواد الحاثة للمقاومة للأمراض.

الفصل الثامن

بدائل المبيدات المصرح باستخدامها فى مكافحة الافات

الجاذبات والمصائد واللوحات والشرائط الجاذبة الصائدة

توضع المواد الجاذبة Attractants للحشرات قرب طُعْم سام أو فى مصايد خاصة، ومن أمثلتها السكريات المتخمرة، والعسل المتخمر، وهى مواد تجذب إليها ذكور الحشرة وإناثها على حد سواء. كما توجد جاذبات جنسية insect sex phermones، وهى تجذب إليها ذكور الحشرات – من مسافات بعيدة – إلى مصائد خاصة، حيث يتم التخلص منها. وتعرف حاليًا جاذبات لعديد من الحشرات، لعل من أهمها فراشات كل من دودة ورق القطن، والدودة القارضة، وديدان اللوز.

وتستخدم المصائد اللاصقة فى اصطياد عديد من الآفات الحشرية، مثل المنّ المجنح، والذباب الأبيض، والتربس، وصانعات الأنفاق، ولكنها قد تجذب إليها بعض الحشرات النافعة مثل الزنبور المتطفل *Encarsia formosa*.

كذلك تستخدم المصائد اللاصقة الملونة بالأصفر والأزرق لجذب عديد من الأنواع الحشرية، كما يستخدم اللونين الأبيض والأحمر لجذب حشرات معينة. وتعد المصائد الصفراء هى الأنسب للذبابة البيضاء، والمصائد الزرقاء الأنسب لجذب تربس الأزهار الغربى.

ويلزم – عادة – لمراقبة التواجد الحشرى مصيدة لونية لاصقة واحدة لكل حوالى ١٠٠م^2 من المساحة المراد مُراقبتها. وتستخدم – عادة – شرائط بعرض ١٠–٢٥ سم، وإذا ما استخدمت تلك الشرائط بكثرة فإنها يمكن أن تصبح وسيلة لخفض أعداد الحشرات كذلك (عن Pasian & Linquist ٢٠٠٦).

هذا .. وتنجذب بعض الحشرات – بقوة – إلى اللون الأصفر الذى يعكس الأشعة

التى تتراوح أطوال موجاتها بين ٥٠٠ و ٧٠٠ نانوميتر (مللى ميكرون)؛ ومن أمثلتها حشرتا المنّ والذبابة البيضاء.

تتوفر الشرائط اللاصقة بعرض ٥ سم، وبطول ٦٠٠م، وهى تصنع من البولّيثيلين، وتكون ذات لون أصفر زاه، ومغطاه بمادة لزجة تلتصق بها الحشرات بعد أن تنجذب إلى اللون الأصفر، يحتاج الفدان إلى نحو ١٨٠٠ متر طول من الشريط، ويكفى نحو لتر من المادة اللاصقة لدهان ١٠٠ متر من الشريط.

أما اللوحات اللاصقة فإنها تتوفر بأبعاد ١٥ × ٣٠سم، وهى عبارة عن شرائح من البلاستيك الأصفر الزاهى، وتغطى من الوجهين بمادة لاصقة، وتثبت هذه اللوحات عند مستوى النبات.

تجذب الشرائط واللوحات اللاصقة الحشرات الصغيرة (مثل المنّ، والذبابة البيضاء، والتربس، وصانعات الأنفاق) بسبب لونها الأصفر، ثم تلتصق بها؛ ولذا .. فهى تعد وسيلة فعّالة لمكافحة الحشرات الناقلة للفيروسات.

وقد استخدمت شرائح البوليثيلين اللاصقة الصفراء — فى الجانب المقابل للرياح من الحقل — لخفض الإصابة بفيرس Y البطاطس وفيرس موزايك الخيار فى الفلفل، وذلك فى الحالات التى لا يتواجد فيها المنّ بكثافة عالية. وقد طبقت هذه الطريقة على مستوى الإنتاج الحقلى للفلفل فى إسرائيل، ولكن يعيبها أن شرائح البوليثيلين تتعرض للتمزق بفعل الرياح. كما تقل كفاءتها تدريجيًا؛ بسبب التصاق الغبار وحبيبات الرمل — التى تحملها الرياح — بها (عن Palti ١٩٨١).

الطاردات

يكون الهدف من استعمال المواد الطاردة Repellents للحشرات إما إبعاد الحشرة عن الحقل، وإما منعها من وضع بيضها على النباتات؛ ومن أمثلتها مستخلصات بذور نبات النيم.

وقد أفاد كل من مستخلص بذور النيم، وزيت بذور النيم فى مكافحة المنّ – تحت ظروف الحقل – على كل من الفلفل والفراولة، ولكنهما لم يفيدا فى مكافحة المنّ فى حقول الخس. ويبدو أن فاعليتهما تتأثر بكلٍ من: العائل، ونوع المنّ، والظروف البيئية السائدة (Lowery وآخرون ١٩٩٣).

هذا .. وتعد غالبية طاردات الحشرات من المستخلصات النباتية.

المستخلصات النباتية

تعرف معظم المستخلصات النباتية ذات التأثير القاتل للحشرات باسم المبيدات العضوية النباتية organic botanical pesticides أو المبيدات الطبيعية natural pesticides.

تستخلص المبيدات العضوية النباتية من النباتات، حيث يعرف أكثر من ٢٠٠ نوع نباتى تنتمى لنحو ١٧٠ عائلة تحتوى على مركبات لها خصائص المبيدات الحشرية. ولكن أهم المبيدات النباتية المستعملة تستخلص – حاليًا – من خمس عائلات فقط، كما يلى:

العائلة		المبيد الذى يستخلص منها	
الباذنجانية	Solanaceae	كبريتات النيكوتين	Nicotine Sulfate
المركبة	Compositae	البيرثيرم	Pyrethrum
البقولية	Leguminosae	الروتينون	Rotenone
	Flacourtiaceae	الريانيا	Ryania
الزنبقية	Liliaceae	السابادِلّا	Sabadilla

لا يجب افتراض أن كل المبيدات المستخلصة من مصادر نباتية botanical pesticides آمنة أو يصرح باستخدامها فى الإنتاج العضوى. وعلى الرغم من أنها قليلة السمية لذوات الدم الحار، فإنه يتعين استعمال ملابس واقية عند الرش بها، كما أن بعضها يُعد سامًا للأسماك وغيرها من ذوات الدم البارد.

زيت النيم والآزاديراكتين

يعد زيت النيم neem oil أو صابون زيت النيم neem oil soap اللذان يحتويان على المادة الفعّالة Azadirachtin المستخلصة من شجرة النيم *Azadiracta indica* من المبيدات الحشرية. تنمو شجرة النيم بريًّا فى جنوب آسيا وتستوطن الهند وتتبع العائلة Meliaceae، ويمكن زراعتها فى معظم المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من العالم.

تُستخلص منتجات النيم من بذور الشجرة بعد سحقها ثم معاملتها بالماء أو بالكحول.

وتقسم منتجات النيم إلى ثلاث فئات كما يلى:

١- منتجات أساسها الأزاديراكتين Azadirachtin، مثل:

AZA-Direct	Agroneem
Ecosense	Azatrol
Neemix	Ecoside

٢- منتجات زيت النيم، مثل Triology، و Triact 70:

٣- منتجات صابون زيت النيم، مثل Organica.

تتوفر منتجات النيم – عادة – كمستخلصات مركزة، إلاّ أن صابون زيت النيم يكون فى صورة مركز سائل قابل للذوبان فى الماء. يمكن خلط منتجات النيم – عادة– بغيرها من المبيدات، إلاّ أن بعض الأنواع النباتية قد تكون حساسة للنيم؛ الأمر الذى يتطلب الحذر عند إجراء المعاملة.

ولزيادة كفاءة المعاملة بمنتجات النيم يُراعى ما يلى:

١- الرش عدة مرات، ذلك لأن النيم لا يبقى فعّالاً لفترة طويلة على الأسطح النباتية؛ فهو يمكن أن يتحلل بفعل الأشعة الشمسية فى خلال ١٠٠ ساعة من الرش، كما يمكن أن يغسل بفعل الأمطار ومياه الرى بالرش.

٢- استهداف الأطوار الصغيرة من الحشرات؛ حيث تقل كفاءته على كل من البيض والحشرات الكاملة. ويتحقق ذلك الأمر ببدء الرش بالنيم مبكرًا خلال موسم نمو المحصول.

٣- بدء المعاملة بالنيم قبل استفحال خطر الآفة المستهدفة؛ نظرًا لأن كفاءته كمضاد للتغذية ولوضع الحشرات لبيضها تزداد عندما تكون أعداد الحشرة قليلة إلى متوسطة.

٤- يعمل النيم بشكل جيد فى الجو الدافئ.

٥- نظرًا للخصائص الجهازية للنيم فإنه قد يُفيد استعماله فى رش الشتلات قبل نقلها إلى الحقل الدائم. وبسبب تلك الخاصية الجهازية فإنه يكون من المفيد إضافة النيم رشًا فى كمية كبيرة من الماء مع توجيه محلول الرش نحو خطوط النباتات الصغيرة، أو إضافته مع ماء الرى بالتنقيط.

يعد الآزاديراكتين Azadirachtin واحدًا من أكثر من ٧٠ مركبًا ينتجها نبات النيم، وهو يعمل – أساسًا – كمنظم نمو حشرى يمنع انسلاخها، ولكن أيضًا كمضاد للتغذية ولوضع البيض.

تؤثر مستخلصات النيم فى أكثر من ٦٠٠ نوع حشرى منها بعض أنواع من الذباب الأبيض، والتربس، وصانعات الأنفاق، وديدان حرشفية الأجنحة، والمنّ، والحشرات القشرية، والخنافس، والخنافس المغبرة ونطاطات النباتات، وكذلك يؤثر النيم فى الأكاروس والقواقع. وأكثر الحشرات تأثرًا هى يرقات حرشفية الأجنحة والمنّ. هذا .. بينما يؤثر النيم فى النحل ومعظم الحشرات النافعة الأخرى من الأعداء الطبيعية (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management – الإنترنت – ٢٠٠٦).

وتتوفر حاليًا تحضيرات تجارية كثيرة من النيم، منها: Neem Gold، و Neemazal، و Econeem، و Neemark، و Neemcure، و Azatin (Silva-Aguayo & Cancelado ٢٠٠٦).

ولقد أدت معاملة الخرشوف بكل من النيم (المركب التجارى: NeemAzal-T/S) والتربة الدياتومية diatomaceous earth إلى مكافحة المنّ *Myzus persicae* بصورة جيدة (El-Wakil & Saleh ٢٠٠٩).

كما تُعطى المستخلصات المائية لأوراق وكُسب النيم neem cake ومستحضراته التجارية مقاومة جيدة لنيماتودا تعقد الجذور فى الطماطم تتمثل فى ضعف فقس البيض، وشلّ حركة اليرقات وموتها، وذلك بنسب متباينة، إلا أن اليرقات التى تفقس وتفلت من التعرض لأضرار النيم تتمكن من إحداث الإصابة (Javed وآخرون ٢٠٠٨).

البيرثرينات

البيرثرم Pyrethrum هو الاسم المعروف للمبيد الحشرى المستخلص من الأزهار الجافة لأحد أنواع زهرة الربيع daisy المنتجة للبيرثرم، وخاصة أزهار الأقحوان *Chrysanthemum cinerariaefolium*، لكنه يستخلص كذلك من كل من *C. coccineum*، و *C. marshalli*. والبيرثرينات pyrethrins هى ستة مركبات من الإسترات لها خصائص المبيدات الحشرية، وتعرف باسم pyrethrums.

وعلى الرغم من أن ملامسة البيرثرم للحشرة يؤثر على جهازها العصبى المركزى؛ مما يؤدى إلى شللها الفورى، فإنها قد لا تموت فى الحال، وقد تستعيد نشاطها بعد فترة.

لا يعد البيرثرم سامًا لمعظم الثدييات؛ مما يجعله من أكثر المبيدات أمانًا فى الاستعمال (Colorado Sate University — الإنترنت — ٢٠٠٦، و Silva-Aguayo & Cancelado ٢٠٠٦).

ومن بين المنتجات التجارية للبيرثرم ما يلى:

Safer	Pyganic
Pyola	Pyrellin
Evergreen	Pyronyl

ولا يجوز خلط البيرثرم بالكبريت أو محاليل الصابون نظرًا لسرعة تحلله فى ظروف كل من الحموضة والقلوية.

ونظرًا لأن البيرثرم يعمل بالملامسة .. يتعين تواجد الحشرة المستهدفة عند معاملة

النباتات به. يتحلل البيرثرم سريعًا بفعل الضوء وفى الماء، ولا يبقى فى التربة لأكثر من عدة ساعات (تبلغ فترة نصف حياة المبيد حوالى ساعة واحدة إلى ساعتين). هذا .. إلاّ أن البيرثرم يعد سامًا لكل من الأسماك والطيور والحشرات النافعة من متطفلات ومفترسات. ولا يعد البيرثرم سامًا للإنسان مقارنة بالمبيدات الحشرية الأخرى (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٦).

ويفيد البيرثرم فى مكافحة المنّ ونطاطات الأوراق والعنكبوت الأحمر والديدان والخنافس والخنافس البرغوثية والذباب.

ويفيد الرش بمخلوط من البيرثرن pyrethrin مع ثانى أكسيد السيليكون silicon dioxide فى خفض أعداد حوريات نطاط أوراق البطاطس فى حقول إنتاج البطاطس العضوية (Maletta وآخرون ٢٠٠٦).

أما البيرثرويدات pyrethroids فهى مركبات مخلقة (مصنعة) تتماثل مع البيرثرينات فى التركيب وطبيعة فعلها، ومنها — على سبيل المثال : Ambush، و Ammo، و Aztec، و Asana، و Capture، و Astro، و Pounce، و Warrior — وجميعها مبيدات لا يُسمح باستعمالها فى الزراعات العضوية لأنها ليست طبيعية كالبيرثرم، علمًا بأن المركب Pounce يعد أكثر أمانًا من البيرثرن pyrethrin (LSD_{50} = ٤٠٠٠ مجم/كجم مقارنة بـ LSD_{50} مقدارها ١٥٠٠ مجم/كجم للبيرثرن).

تعمل البيرثرويدات بالملامسة حيث تشل حركة الحشرات التى تصل إليها من خلال تأثيرها على جهازها العصبى.

يُضاف المركب piperonyl butoxide إلى معظم البيرثرويدات لزيادة فاعليتها (حيث يقلل من قدرة الحشرة على التغلب على التأثير الأولى للبيرثرويد)، إلا إنه غير مصرح باستعماله فى الزراعات العضوية، ولكن قد تضاف بعض الزيوت المصرح باستعمالها فى الزراعات العضوية إلى البيرثرم لزيادة كفاءته. وتعد معظم البيرثرويدات سامة للحيوانات بما فى ذلك الأسماك ويجب أن يكون استعمالها بحرص.

الروتينون

الروتينون rotenone عبارة عن فلافون flavonoid يستخرج من جذور نباتات عديد من الشجيرات البقولية الاستوائية مثل *Derris malaccenis*، و *D. elliptica*، و *Lonchocarpus* spp.، و *Tephrosia* spp. تعطى نباتات *Derris* spp. حوالى ١٣٪ روتينون، بينما يعطى *Lonchocarpus* spp. حوالى ٥٪. ومن المنتجات التجارية للروتينون Derris، و Cube، و Timbo.

يؤثر الروتينون بالملامسة، وكذلك من خلال الجهاز الهضمى للحشرة، كما يعد طاردًا للحشرات، وهو يعمل من خلال منعه لانتقال الأليكترونات على مستوى الميتوكوندريا؛ وبالتالى وقف فسفرة الـ ADP إلى ATP؛ مما يوقف أيض الحشرة. وتُظهر الحشرات التى تتسمم من الروتينون ضعفًا فى التنفس يتبعه شلل ثم موتٌ للحشرة (Silva-Aguayo & Cancelado ٢٠٠٦).

يؤثر الروتينون على مدى واسع من الحشرات فى عديد من الرتب الحشرية، كما يقتل كذلك الأسماك.

يكثر استعمال الروتينون على صورة مسحوق بالتعفير صباحًا فى وجود الندى، ولكنه يتوفر كذلك فى صورة سائلة ذائبًا فى piperonyl butoxide أو مذيبات أخرى لا يكون مسموحًا بها فى الزراعة العضوية. وتجدر الإشارة إلى أن عديدًا من التحضيرات السائلة للروتينون تحتوى — كذلك — على بيرثرم، مع العلم بأن وجود البيرثرم مع الروتينون يقلل من كفاءة الروتينون كسم معدى، لأن البيرثرم يقلل من قدرة الحشرة على التغذية. وفى عديد من الحالات أدى رش الروتينون مع الزيوت أو الصابون إلى تحسن نتائج المكافحة الحشرية.

وتبلغ فترة الانتظار لحين الحصاد بعد المعاملة بالروتينون (الـ PHI) يومًا واحدًا.

ونظرًا لأن الروتينون يتحلل سريعًا بفعل الأشعة الشمسية، فإن استعماله فى المساء قد يعطى نتائج أفضل. ويتحلل الروتينون سريعًا — كذلك — فى الماء.

وإلى جانب سمية الروتينون الشديدة للأسماك فإنه قليل السمية للطيور، ويعد سامًّا للثدييات بما فى ذلك الإنسان.

ويعد الروتينون فعّالاً — بصفة خاصة — ضد الذبابة البيضاء، والمنّ، ونطاطات الأوراق، والحشرات القشرية، والخنافس المغبّرة، والبقة الخضراء، وخنفساء الأسبرجس وخنفساء الخيار المخططة، والخنافس البرغوثية، وخنفساء الفاصوليا المكسيكية، وثاقبات سوق الكوسة، وفراشات الكرنب، وثاقبات الذرة، والديدان القياسية، وعديد من ديدان حرشفية الأجنحة الأخرى (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٦).

الريانيا

يحصل على الريانيا Ryania من جذور وسيقان النبات *Ryania speciosa* الذى يتبع العائلة Flacourtiaceae. يُحصل من هذا النبات على سلسلة من الألكالويدات (القلوانيات) أهمها الـ ryanodina، الذى يعمل بالملامسة، وكذلك من خلال الجهاز الهضمى للحشرة، ويؤدى إلى شللها (Silva-Aguayo & Cancelado ٢٠٠٦).

تستعمل الريانيا فى مكافحة دودة كيزان الذرة، والمنّ، وتربس البصل.

السابادیلاّ

يُحصل على السابادیلاّ sapadilla من بذور النبات *Schoenocaulon officinale* الذى يتبع العائلة الزنبقية، وهو عبارة عن مادة قلوانية (شبه قلوية) alkaloid تعرف باسم veratrine.

تعمل السابادیلاّ

تعمل السابادیلاّ بالملامسة وعند تناول الحشرة لها فى غذائها، حيث تؤثر من خلال تعطيل عمل أغشية الخلايا العصبية، مما يقلل من نشاط الأعصاب، الأمر الذى يؤدى إلى شلل الحشرة وموتها.

وبينما تعد البذور المطحونة للنبات ضعيفة السمية للثدييات، فإن الألكالويدات المستخلصة منها شديدة السمية وملهبة للجلد والعين (Silva-Aguayo & Cancelado ٢٠٠٦).

تتوفر السابادیلاّ تجاريًا تحت الأسماء Red Devil، و Natural Guard.

لا تترك السابادیلاّ أية متبقيات نظرًا لتحللها السريع فى ضوء الشمس.

تعد السابادیلاّ فعّالة بدرجة عالية ضد ديدان حرشفية الأجنحة ونطاطات الأوراق، والتربس والبقة الخضراء والديدان القياسية Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

الكافيين

تؤدى معاملة التربة بمحلول كافيين caffeine بتركيز ٢٪ إلى طرد كلاً من البزاقات slugs (مثل: *Veronicella cubensis*)، والقواقع snails (مثل: *Zonitoides arboreus*)، وإلى موت نسبة عالية جدًا منها بصورة أكثر كفاءة من استعمال المبيد metaldehyde، وهو المبيد التجارى القياسى المستعمل فى مكافحة القواقع.

مستخلص الثوم

يحتوى المنتج التجارى Garlic Barrier Insect Repellent على ٩٩,٣٪ عصير ثوم، وهو يستخدم كطارد لعديد من الحشرات، منها: المنّ، والخنافس، والناخرات، والديدان القاطعة، ونطاطات الأوراق، وصانعات الأنفاق، والـ maggots، والخنافس المغبرة، والحشرات القشرية، والذباب الأبيض.

مستخلص الفلفل الحار

يحتوى المنتج التجارى Hot Pepper Waxo Insect Repellent على الكاباسيسين capasaicin والمركبات القريبة منه بنسبة ٣٪، وهو يستعمل كطارد لعديد من الحشرات. منها: المنّ، والعنكبوت الأحمر، والتربس، وصانعات الأنفاق، والذبابة البيضاء، والحشرات القشرية.

تجب المعاملة بطاردات الحشرات قبل وصولها إلى الحقل كى تبعدها عنه لأن رش

النباتات — المصابة بالفعل بالحشرات — بالطاردات قد لا يكون مفيدًا (hortIB-B. M. – Drees Texas A & M الإنترنت — ٢٠٠٦).

الاسبينوساد

يتكون الاسبينوساد Spinosad من الاسبينوسينين A، و D، وهى مواد تنتج من التخمر الهوائى لنوع الأكتينوميسيت *Saccharopolysora spinosa*. ولقد وجد هذا النوع النادر فى عينة تربة من إحدى جزر البحر الكاريبى فى عام ١٩٨٢. هذا .. وتتواجد الأكتينوميسيات كبكتيريا خيطية فى التربة وتعطيها رائحة طيبة.

بدأ توفر المبيد فى المنتج التجارى Tracer الذى يحتوى على مواد حاملة غير مصرح بها فى الزراعات العضوية، ولكنه توفر بعد ذلك فى المنتج التجارى Entrust 80WP المجاز للزراعة لعضوية.

للاسبينوساد تأثير واسع وسريع، ويؤثر على الجهاز العصبى للحشرات بالملامسة ومعويًا، ويؤدى إلى موتها فى خلال ٢٤–٤٨ ساعة من المعاملة. وعلى الرغم من أن الاسبينوساد ليس جهازيًا بدرجة عالية إلاّ أن حركته القليلة فى الأوراق تفيد فى قتل صانعات الأنفاق.

ومن بين التحضيرات التجارية للاسبينوساد ما يلى:

Entrust	Conserve
Tracer	Justice
Success	GF-120
Spinosad	Spin Tor

يتحلل الاسبينوساد بفعل الأشعة الشمسية وتقدر فترة نصف حياته بين ١,٦، و ١٦ يومًا حسب شدة التعرض للأشعة الشمسية. هذا .. بينما لا يتحلل المركب بفعل الماء، ولكن وجوده فى الماء مع التعرض لأشعة الشمس يزيد من سرعة تحلله. يمكن أن يتراكم الاسبينوسادفى التربة مع تكرار المعاملة ويبقى فعّالاً بيولوجيًّا.

يعد الاسبينوساد قليل السمية للطيور، ومتوسط السمية للأسماك، وشديد السمية للنحل؛ ولذا .. يتعين الحذر من الإضرار بخلايا النحل عند المعاملة بالمبيد. ويعد المبيد ضعيف السمية كثيرًا على الثدييات بما فيها الإنسان.

ويفيد الاسبينوساد فى مكافحة ديدان حرشفية الأجنحة، والخنافس، والتربس، والذباب، وصانعات الأنفاق، كما يؤثر على العناكب عند استعماله بتركيزات عالية (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management – الإنترنت – ٢٠٠٦).

ويستخدم الـ spinosad – على نطاق واسع – فى مكافحة التربس *Frankliniella occidentalis*، إلاّ أنه قد تكون له – كذلك – تأثيرات سلبية على المفترسات التى يمكن أن تستخدم فى المكافحة الحيوية، مثل *Neoseiulus (=Amblyseius) cucumeris* (Van Driesche وآخرون ٢٠٠٦).

ويكون استعمال الاسبينوساد – عادة – بمعدل ١٢–٧٠ جم مادة فعالة للفدان (Virginia Tech. – الإنترنت – ٢٠٠٧).

الزيوت البستانية

إن الزيوت البستانية قد تكون زيوت بترولية مكررة (منقاة) بدرجة عالية، أو زيوت نباتية، وهى تخلط بمادة مستحلبة.

ومن أهم مميزاتها الأمان، وفاعليتها الجيدة، مع محدودية تأثيرها على الحشرات النافعة.

ويجب عدم استعمال الزيوت على النباتات الحساسة أو تلك المعرضة لظروف الجفاف لأن ذلك يزيد من تعرضها للأضرار، كما لا يجب استعمالها عند ارتفاع الحرارة عن ٣٨°م أو عند ارتفاع الرطوبة النسبية.

تؤثر الزيوت على الحشرات من خلال الآليات التالية:

١- إصابة الحشرة بالاختناق نتيجة لسدّ الزيت للفتحات الهوائية spiracles التي تتنفس الحشرة من خلالها.

٢- تفاعل الزيوت مع الأحماض الدهنية للحشرة، مما يتعارض مع أيضها الطبيعي.

٣- التعارض مع تغذية الحشرة.

أما الزيوت النباتية وزيوت السمك فإنها تصنف على أنها دهون تحتوى على هيدروكربونات طويلة السلسلة. وتتضمن الدهون أحماضًا دهنية، وجليسريدات. واستيرولات، وأكثر الأحماض الدهنية تواجدًا هي أحماض البالتك palmitic، والاستيريك steric، واللينوليك linoleic، والأوليك oleic. ويُتحصل على الزيوت النباتية أساسًا من البذور، بينما يُتحصل على زيوت السمك كمنتج إضافي من صناعات الأسماك.

ومن الزيوت الأخرى التى أظهرت فاعلية في المقاومة الزيوت الأساسية (أو الطيارة) المتحصل عليها من نباتات مثل الكافور، والنعناع، والثوم.

تؤثر الزيوت في مدى واسع من الحشرات، مثل المنّ، والتربس، والذباب الأبيض، والخنافس المغبِّرة، والحشرات القشرية، كما تستعمل ضد الأكاروسات. هذا .. ولم تظهر بأى من تلك الآفات مقاومة وراثية ضد الزيوت.

قد تزود التحضيرات التجارية للزيوت بالمستخلصات، وإن لم يكن الأمر كذلك فإنه يلزم تزويدها ببعض المواد الناشرة لأجل تأمين تغطية كاملة لجميع الأسطح النباتية بالزيت عند الرش، مع ضرورة الرش عدة مرات.

وكلما انخفضت قدرة الزيت المستعمل على التبخر كلما ازدادت فرصة سميته للنبات. ولأن التبخر يكون أبطأ في الجو الرطب، فإنه يوصى بعدم رش الزيوت عند ارتفاع الرطوبة النسبية.

ولخفض الأضرار التى قد تنشأ عن استعمال الزيوت يوصى بما يلى:

١- عدم زيادة التركيز المستعمل عن ١٪ حجمًا بحجم.

٢- عدم الرش عند ارتفاع الحرارة عن ٢٧ °م.
٣- أن يكون الرش على صورة رذاذ دقيق جدًا.
٤- تأمين رج جيد بتانك الرش.
٥- التأكد من أن كل الزيت على صورة مستحلب.

ومن بين الأنواع العالمية المتوفرة من الزيوت، ما يلي:

١- الزيوت البترولية — مثل IMS Stylet Oil، و PureSpray.
٢- الزيوت النباتية .. مثل Concern، و Carrier، و Natur'l Oil.
٣- زيوت الأسماك .. مثل Organocide، و Seacide (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٦).

تتميز الزيوت بفاعلية كبيرة ضد الأكاروس وعديد من الحشرات، مثل المنّ، والحشرة القشرية، وبعض الخنافس. وهي تتميز بتأثيرها الفعال ضد مختلف الأطوار الحشرية من البيضة إلى الحشرة الكاملة. كما أن معظم الزيوت المستخدمة اختيارية، بمعنى أنها تؤثر على الحشرة المستهدفة، دون أن تؤثر على الأعداء الطبيعية للحشرات. هذا .. فضلاً على أنه لم تظهر إلى الآن — وبعد عدة عقود من استعمالها في البساتين — أية حشرات مقاومة للزيوت التي استخدمت في مكافحتها.

ومن المميزات الأخرى للزيوت أنها قليلة السمية بالنسبة للثدييات، وأنها تتحلل سريعًا — بفعل العوامل الجوية والنشاط البكتيري — إلى مركبات أخرى أقل ضررًا على البيئة. هذا .. فضلاً على رخص أسعارها مقارنة بالمبيدات العادية.

هذا .. ويتعين — لكي تكون الزيوت فعّالة في المكافحة — أن يتم رشها بشكل جيد، بحيث يغطي كل سطح الحشرة بغشاء رقيق من الزيت.

وقد استخدمت عديد من التحضيرات التجارية من زيوت المبيدات البترولية، والزيوت النباتية الخام، وزيت الطعام العادي (مثل: زيت فول الصويا، وزيت عباد الشمس، وزيت القرطم، وزيت الذرة، وزيت الفول السوداني) في مكافحة عديد من حشرات وأكاروسات الخضر والفاكهة، وخاصة الساكنة منها.

وتجدر الإشارة إلى أن فاعلية الزيوت في مكافحة الحشرات والأكاروسات تقتصر — فقط — على ما يتواجد منها على الأسطح النباتية وقت المعاملة؛ بمعنى أنها لا تعطى النبات حماية مما قد يصل إليه من أفراد جديدة من الحشرات بعد المعاملة.

الزيوت البترولية والمعدنية

تستخدم الزيوت البترولية (أو المعدنية) في مكافحة طور البيضة لمختلف الأكاروسات والحشرات بمنعها التبادل الطبيعي للغازات من خلال سطح البيضة. أما مع الأطوار الأخرى للأكاروسات والحشرات فإن الزيوت يمكن أن توقف جهاز التنفس؛ مما يؤدى إلى اختناقها أو إلى تحلل النسيج الخارجي (الكيتوتكل) للأكاروس أو الحشرة. كذلك يمكن أن تخترق الزيوت أنسجة الحشرات وتحللها، أو تؤثر فيها بفعل المركبات الطيارة بالزيوت. وغالبًا .. فإن للزيوت النباتية وزيوت الأسماك تأثيرات مماثلة. هذا بالإضافة إلى أن جميع الزيوت يمكن أن تغير من سلوك الحشرات والأكاروسات؛ مما يجعلها تتجنب وضع بيضها وتؤثر في تغذيتها.

وإلى جانب التأثير المباشر للزيوت على الحشرات والأكاروسات، فإنها يمكن أن توفر مكافحة للفيروسات التي تنقلها الحشرات؛ ذلك لأن مجرد وجود الزيت البترولي على السطح النباتي تجعله يعلق بقليم المنّ وتمنعه من اكتسابه لجزيئات الفيرس ونقله إلى نباتات أخرى.

وكما أسلفنا .. فإن كلا من الزيوت البترولية والنباتية تعمل — كذلك — على تثبيط بعض الفطريات المسببة للأمراض النباتية، وخاصة فطريات البياض الدقيقي، وربما يتم ذلك من خلال إتلافها للأغشية الخلوية للفطريات أو إعاقتها لتعلق الجراثيم بالسطح النباتي، أو إنبات الجراثيم.

قد تستخدم الزيوت البترولية خلال فترة السكون (من ديسمبر إلى فبراير) — حيث يطلق عليها اسم dormant oils للتخلص من المنّ والعنكبوت الأحمر والحشرات القشرية بحجب الهواء (الأكسجين) عنها، وقد تستخدم أثناء فترة النمو النشط — حيث يطلق

عليها اسم — summer oils — لمكافحة عديد من الحشرات، كما أنهـا تفيـد فـى مكافحـة البياض الدقيقى والأصداء.

تظهر أضرار المعاملة بالزيوت البترولية فى الحالات التالية:

١- إذا استخدم الزيت بتركيز عال.

٢- إذا استخدم وقت تعرض النباتات لشدٌ رطوبى.

٣- إذا كانت الحرارة وقت المعاملة تزيد عن ٣٢°م.

وتبلـغ الــ LSD_{50} للزيـوت ٥٠٠٠ مجـم/كجـم (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

الزيوت النباتية

لا يقتصر الأمر على الزيوت المعدنية — فقط — فى مكافحة المنّ وما ينقله من فيروسـات بل أن الزيوت النباتية، مثل زيت بـذور اللفـت المنقـى تفيـد — كـذلك — فـى هـذا الأمـر (Martin وآخرون ٢٠٠٤).

وقد أمكن مكافحة دودة كيزان الذرة *Helicoverpa zea* فى الذرة السكرية بـالرش بـأى مـن زيـت الـذرة أو البكتيريـا *Bacillus thuringiensis* ssp. *kurstaki* (Cook وآخـرون ٢٠٠٣).

تعد الزيوت الأسـاسية essential oils من الزيوت النباتية التى يمكن الاستفادة منها فى مقاومة الحشرات، علمًا بأنها تؤثر فيها كسموم وكمبخرات، ومضادات تغذيـة، وطـاردات (Regnault-Roger ١٩٩٧).

تُعد بعـض الزيـوت الأسـاسـية وبعـض مكوناتهـا الرئيـسية، مثـل: الـ thymol، والـ citronella، والـ eugenol سامة لعدد من الحشرات (Waliwitiya وآخرون ٢٠٠٥).

وقد أدت المعاملـة بـالزيوت الأسـاسـية لأى مـن العتر marjoram (وهـو: *Origanum majorana*)، والخُزامى (اللافندر) lavender (وهـو: *Lavandula angustifolia*)، والنعنـاع

mint (وهو *Mentha arvensis*) إلى إعاقة تغذية الإناث البالغة لتربس البصل *Thrips tabaci* عند استعمالهم بأى من تركيزات تراوحت بين ٠,٠١٪، و ١٪، وكذلك عند المعاملة بزيت حصى البان rosemary (وهو: *Rosmarinus officinalis*) بتركيز ١٪. وأيضًا أعيقت تغذية التربس لدى المعاملة بأى من الـ linalool أو الـ eugenol بأى تركيز وبالـ terpinen-4-ol بتركيز ١٪ (Koschier وآخرون ٢٠٠٢).

الصابون السائل

يتكون الصابون السائل المستخدم فى مكافحة الآفات من أملاح البوتاسيوم والأمونيوم للأحماض الدهنية، ويُسمح باستخدامه فى الزراعات العضوية كمبيد للحشرات والعناكب والطحالب، ولكن لا يسمح باستخدامه — حاليًا — فى الزراعات العضوية كمبيد فطرى أو مبيد حشائش.

يتم اختيار الصابون السائل من أنواع ليس لها سمية للنباتات، إلاّ إذا كان استعمالها — فى غير الزراعات العضوية — كمبيد حشائش.

يعمل الصابون السائل على الحشرات بتعطيل وتمزيق طبقة الكيوتكل الخارجية، مما يتسبب فى تدمير أجسامها الطرية. ولكى يكون الصابون فعّالاً فإنه يجب أن يغطى كل جسم الحشرة. وليس للصابون تأثير يذكر على بيض الحشرات. ويذكر — كذلك — أن الصابون السائل يفيد فى مكافحة البياض الدقيقى.

ومن بين أنواع الصابون السائل المتوفرة تجاريًا كمبيدات: M-Pede، و Safer. وتعد نباتات الخيار حسّاسة للمبيد الأول (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٦).

لا يعرف على وجه التحديد كيف يعمل الصابون ضد الحشرات، ولكن الاعتقاد السائد أنه يزيل الدهون والطبقة الشمعية الخارجية المغلفة لأديم الحشرة؛ مما يجعلها تفقد رطوبتها سريعًا إلى أن تجف وتموت. كما يعتقد بأن لبعض أنواع الصابون خصائص أخرى قاتلة للحشرات من خلال تأثيرها على جهازها العصبى. ونظرًا لأن تأثيرها يكون

فقط – على الحشرات الآكلة للنباتات، فإنها لا تؤثر على غيرها من الحشرات النافعة سواء أكانت من المفترسات، أم من المتطفلات. كذلك فإن الرش بمحاليل الصابون تحت ضغط عال قد يغسل بعض الحشرات من على النباتات، كما قد يفقد بعضها الآخر قدرته على الحركة في ماء الصابون؛ مما يجعل من السهل غسيله من على النباتات.

يقتل الصابون عديدًا من الحشرات منها المنّ، والخنافس المغبِّرة والذبابة البيضاء، والحشرات القشرية الطرية، وكذلك الأكاروسات، ولكن يتعين تكرار الرش على فترات متقاربة لتحقيق مكافحة جيدة.

يتعين عند المعاملة بالصابون وصول محلول الرش إلى الحشرة ذاتها، ذلك لأنه ليس للصابون أي فاعلية متبقية بعد ذلك. وهو يستخدم – عادة – بتركيز ٢٪.

قد تكون بعض النباتات حساسة للصابون؛ لذا يلزم اختبار محلول الرش على عدد محدود من النباتات قبل معاملة الحقل كله. ويقدر الـ LSD_{50} للصابون بنحو ١٦٩٠٠ مجم/كجم.

وقد وجد أن منتجات الصابون السائل والمنظفات الصناعية والزيوت المعدنية لا تعطي نتائج إيجابية في مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء على الطماطم إلا بقدر أضرار السمية التي تحدثها تلك المنتجات بالأوراق؛ بمعنى أن زيادة الضرر تؤدي إلى نقص أعداد الذبابة (Sclar وآخرون ١٩٩٩).

الكاولين

يعد الكاولين kaolin أحد أنواع الطين الذي ينتج بفعل عوامل التجوية على معدن الـ feldspar، وهو يحتوي – أساسًا – على الكاولينيت kaolinite. يُطحن الكاولين لأجل تجانس حبيباته ويُعامل به معلقًا في الماء، حيث يشكل – بعد جفاف الماء – غشاء أبيضًا رقيقًا على الأسطح الورقية وكذلك سطح السيقان والثمار.

يعمل الكاولين بعدة طرق؛ فهو يعد حاجزًا فيزيائيًا يمنع الحشرة من الوصول إلى

النسيج النباتى المرغوب فيه من قبل الحشرة، كذلك فإنه يعمل كمادة طاردة حيث يجعل السطح النباتى غير مناسب لتغذية الحشرة أو وضع بيضها عليه، كما قد يتسبب غشاء الكاولين فى تغيير اللون الطبيعى للسطح النباتى؛ مما يزيد من صعوبة تعرف الحشرة على عائلها. هذا فضلاً عن عمل جزيئات الكاولين كمثيرات أو مهيجات للحشرات. ومع التصاق جزيئات الكاولين بجسم الحشرة فإنها تسبب مضايقات لها.

وقد وجد — كذلك — أن الكاولين يلعب دورًا فى مقاومة أمراض وحشرات الحبوب المخزنة.

ولا يعمل الكاولين بكفاءة إلا إذا وصل إلى جميع الأسطح النباتية.

ومن أكثر التحضيرات التجارية للكاولين شيوعًا المنتج سَرّوند Surround.

ويفيد الكاولين فى مكافحة بعض ديدان حرشفية الأجنحة، والسوس، ومنّ الكرنب، وتربس البصل، والخنفساء البرغوثية، والذبابة البيضاء، وخنفساء الخيار، وذلك بدرجات متفاوتة، إلا أن الكاولين يؤثر سلبيًا — كذلك — على الحشرات النافعة، (عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٦).

أثبت الكاولين كفاءة عالية فى مكافحة التربس فى البصل، حيث تعارض مع وضع الحشرة لبيضها، وقلل الفقس، وأدى إلى زيادة طول فترة الأطوار اليرقية، وزيادة معدلات موت الأفراد. ولكن يعاب على استخدام الكاولين فى المكافحة ضرورة تكرار الرش عدة مرات على فترات متقاربة لتوفير غشاء الكاولين — بصورة دائمة — على النموات الورقية الجديدة (Larentzaki وآخرون ٢٠٠٨).

التربة الدياتومية

تتكون التربة الدياتومية diatomaceous earth من محارات السيليكا المتحجرة لكائنات مائية صغيرة وحيدة الخلية تسمى دياتومات diatoms، وهى التى كانت قد تكونت — منذ

نحو ٣٠ مليون سنة — كترسبات عميقة من الدياتوميت diatomite. تُجمع تلك الترسبات وتطحن إلى أن تأخذ مظهر وملمس بودرة التلك. تستعمل البودرة كمبيد حشرى ذو أساس معدنى.

تمتص التربة الدياتومية الطبقة الشمعية التى توجد على سطح الحشرة، مما يجعل الحشرة تفقد رطوبتها، كما قد تعمل على تجريح طبقة أديم الحشرة. وهى تفيد فى مكافحة نطاطات الأعشاب، والبزاقات، والحشرات ذات الأجسام الرخوة مثل المنّ.

وتتوفر تحضيرات للتربة الدياتومية إما منفردة وإما مخلوطة مع البيرثرن، ويقدر الـ LSD_{50} لها بنحو ٣١٦٠–٨٠٠٠ مجم/كجم (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

الشبَّة

تستخدم طعوم سامة خاصة بالزراعات العضوية تتكون من الشبَّة $Al(OH)_3$، والعسل الأسود المخفف، والجبس. يُقلب المخلوط جيدًا ويترك لمدة ٤٨ ساعة ليتخمر، ثم يوضع بجانب قنوات الرى، حيث يكثر تواجد الحفار الذى يفضل الرطوبة. تعمل الشبَّة على سحب الماء من جسم الحفار، بينما يعمل الجبس على انسداد قناته الهضمية.

الفصل التاسع

المكافحة الحيوية للأمراض

تحظى المقاومة الحيوية للأمراض باهتمام بالغ من قبل المشتغلين بالمكافحة، وخاصة في الإنتاج العضوي. ويفيد في هذا الشأن الزراعة في التربة المثبطة للأمراض suppressive soil (وهو أمر خارج اهتمامات هذا الكتاب)، والمعاملة بالـ EM (وقد أسلفنا الإشارة إليها)، والمعاملة بالكمبوست وبمستخلصات الكمبوست، وكذلك المعاملة بتحضيرات نقية لكائنات دقيقة معينة، وهما موضوع هذا الفصل.

وتجدر الإشارة إلى أن المادة العضوية في الاسفاجنم بيت لا تحفز نشاط الكائنات الدقيقة لأن البيت يُقاوم التحلل. ويعد البيت الداكن المتحلل فقيرًا في النشاط الميكروبي ويعتبر محفزًا للإصابة بعفن جذور بثيم، بينما يعد البيت الأفتح لونًا أقل تحللاً ويكون النشاط الميكروبي فيه أعلى.

وعند تواجد الكائنات المضادة لمسببات الأمراض في التربة أو في بيئة الزراعة، ولكنها لا تعمل بكفاءة، فإنه قد يمكن تحسين نشاطها بطريقة أو أكثر من الطرق التالية:

١- الدورة الزراعية.

٢- إضافة محسنات للتربة لتحفيز نشاط الكائنات المضادة.

٣- تعديل pH التربة ليكون أكثر مناسبة للكائنات المضادة.

٤- اختيار موعد للزراعة غير مناسب للإصابة المرضية.

٥- جعل الرطوبة الأرضية مناسبة للكائنات المضادة (الرطوبة العالية للبكتيريا والمنخفضة للأكيتنوميسيتات) (Zinati ٢٠٠٥).

دور الكمبوست فى المكافحة الحيوية

إضافات الكمبوست للتربة

التأثيرات الإيجابية لإضافة الكمبوست

إن إضافة الكمبوست إلى التربة قد تزيد من أعداد الكائنات الدقيقة التى تعيش فى المحيط الجذرى، والتى تكون مضادة للكائنات المعرضة التى تصيب النبات عن طريق الجذور، وقد وجد أن ذلك يرتبط إيجابيًّا بزيادة إنتاج الـ siderophores — بواسطة كائنات المحيط الجذرى — فى التربة (Alvarez وآخرون ١٩٩٥).

ولقد أمكن عمل ٤٩٣ عزلة (٢٤٥ من البكتيريا، و ٧٣ من الأكتينوميسيتات، و ١٧٥ من الفطريات) من عينات كمبوست فى درجات مختلفة من التحلل، وأظهرت الدراسة الأولية المختبرية أن ١٧٩ عزلة منها ثبطت نمو الفطر *Fusarium oxysporum* sp. *melonis* فى البيئة الصناعية، كما تبين أن راشح ١٠ عزلات فطرية منها — الخالى من الخلايا — كان مضادًّا لفطر الفيوزاريم، وتبين — كذلك — أن التهوية الجيدة خلال عملية كمر الكمبوست كانت مناسبة لعزل الكائنات المضادة لفطر الفيوزاريم. وقد حُصل على أكثر العزلات فاعلية كمضادات للفيوزاريم من الكمبوست المكتمل التحلل، وكانت غالبيتها من الـ *Aspergillus* spp. (Suarez-Estrella ٢٠٠٧).

وأفاد استعمال مختلف أنواع الكمبوست فى التسميد العضوى للطماطم فى تقليل إصابتها بالذبول الفيوزارى (Raj & Kapoor ١٩٩٧).

كذلك أدت إضافة الكمبوست إلى الأراضى الزراعية إل تثبيط بعض الأمراض التى تظهر طبيعيًّا فى كل من الخيار والكوسة، ومنها: الذبول الطرى ولفحة بثيم، وتبقع الأوراق الزاوى فى الخيار، والبقع البنية، وأعفان الجذور، والأنثراكنوز فى الفاصوليا (Stone وآخرون ٢٠٠٣).

وتفيد إضافة الكمبوست فى المكافحة الحيوية للذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* فى كل من الخيار والبسلة. وقد أدى تعقيم الكمبوست إلى فقد ذلك

التأثير، بما يفيد أهمية محتوى الكمبوست من الكائنات الدقيقة فى هذا الشأن (Chen & Nelson ٢٠٠٨).

وبينما لم يكن لاستعمال أنواع مختلفة للكمبوست كإضافات للتربة سوى تأثير ضئيل على الحد من إصابة الكنتالوب بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* والباذنجان بالفطر *Verticillium dahliae*، فإن إضافة بكتيريا المحيط الجذرى *Paenibacillus alvei* (السلالة K16S) للكمبوست أسهمت بشكل فعال فى الحد من شدة الإصابة بالمرضين (Markakis وآخرون ٢٠٠٨).

وأوضحت الدراسات أن معاملة التربة بأى من الميكوريزا *Trichoderma viride* أو بكمبوست مخلفات البصل أدت إلى خفض حيوية الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium cepivorum* مسبب مرض العفن الأبيض فى البصل، وإلى مكافحة المرض بصورة جيدة، كانت – فى حالة استعمال كمبوست مخلفات البصل – مساوية لدرجة مكافحة المرض عندما استعمل المبيد tebuconazole (فى صورة Folicur). أما إضافة كمبوست مخلفات مزارع المشروم فلم يكن لها تأثير فى مكافحة المرض إلاّ عندما استعمل معه فطر الميكوريزا، حيث ساعد الكمبوست الفطر على التغلغل فى التربة، ومن ثم زيادة فاعليته فى مكافحة المرض (Coventry وآخرون ٢٠٠٦).

ولقد أظهرت دراسة تم فيها فصل جذور الخيار إلى مجموعتين – كل منها فى وعاء مستقل عن الأخرى – أن إضافة الكمبوست إلى بيئة نمو جذور إحدى المجموعتين أدى إلى الحد من إصابة جذور المجموعة الأخرى بعفن الجذور الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum*، وهى الجذور التى كانت تتواجد فى بيئة ملوثة بالفطر المرض (Lievens وآخرون ٢٠٠١).

وفى دراسة مماثلة .. أدت إضافة السلالة 382 من الميكودرما *Trichoderma hamatum* إلى كمبوست بيئة نمو إحدى مجموعتى جذور الخيار إلى تقليل إصابة المجموعة الأخرى بالفطر *Phytopthora capsici* مسبب مرض عفن الجذور والتاج

الفيتوفثورى، وهى الجذور التى كانت تتواجد فى بيئة ملوثة بالفطر، وهذا التأثير لم يختلف جوهريًا عن التأثير الذى أحدثته معاملة السقى بأى من المبيد benzothiadiazole أو mefenoxam (Khan وآخرون ٢٠٠٤).

يثبط معظم أنواع الكمبوست مدى واسع من فطريات التربة المرضة للنباتات؛ وجد ذلك – على سبيل المثال – بالنسبة لمسببات أمراض الطماطم *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، و *F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*، أو *Pyrenocheta lycopersici*. ويقوم بعملية التثبيط هذه مجموعة من البكتيريا والفطريات التى تتواجد فى الكمبوست. ونجد فى كثير من الأحيان أن تعقيم الكمبوست يقلل أو يلغى تأثيره المثبط؛ مما يعنى أن آلية تثبيط الأمراض هى بيولوجية بصفة أساسية. وفى كثير من الأحيان وجد أن الكمبوست المعقم استعاد خاصيته المثبطة للأمراض بعد التعقيم بعد سرعة استعماره بعشائر ميكروبية متنوعة؛ مما يدعم دور الكائنات الدقيقة فى خاصية التثبيط. هذا .. إلا إنه يعتقد بأن جزءًا من تلك الخاصية يعود إلى عوامل غير حيوية.

كذلك وجد أن إضافة الكمبوست للتربة تثبط النيماتودا المسببة للأمراض فى الطماطم (عن Yogev وآخرين ٢٠٠٩).

كما وجد أن زراعة الطماطم فى الكمبوست يحميها من الإصابة بالبكتيريا *Clavibacter michiganense* subsp. *michiganensis*، حيث كان استعمار البكتيريا للطماطم النامية فى الكمبوست صفر٪–٢٠٪، مقارنة بنسبة استعمار بلغت ٥٣٪–٩٠٪ فى حالة الزراعة فى البيت موس، و ٣٠٪–٩٠٪ عندما كانت الزراعة فى البرليت. وقد تبين أن البكتيريا المرضة اختفت – تقريبًا – من الكمبوست بعد ١٥–٢٠ يومًا من تلويثه بها، بينما استمر تواجدها بأعداد كبير فى البيت لمدة ٣٥–٤٠ يومًا (Yogev وآخرون ٢٠٠٩).

أهمية كمبوست قلف الأشجار

يعرف تأثير كمبوست قلف الأشجار فى مكافحة فطريات التربة – وخاصة فى

الشاتل — منذ عام ١٩٦٢. وازداد الاعتماد على كمبوست قلف الأشجار فى هذا الشأن خلال سبعينيات وثمانينيات القرن الماضى. كذلك عُرف تأثير كمبوست مخلفات المجارى فى مكافحة عديد من فطريات التربة خلال حقبة تسعينيات القرن العشرين. وأعقب ذلك استخدام مختلف أنواع الكمبوست فى مكافحة فطريات التربة، مثل:

Rhizoctonia solani

Sclerotinia sclerotiorum

Fusarium oxysporum

Phytophthora capsici

Pythium aphanidermatum

وقد أصبح من المعروف أن معظم أنواع الكمبوست تثبط الإصابة بكل من عفن جذور فيتوفثورا وعفن جذور بثيم، ولكن بعضها فقط هو الذى يثبط عفن الجذور الرايزكتونى، بينما القليل جدًّا منها هو الذى يستحث مقاومة جهازية فى النباتات.

هذا .. وتُسهم الكائنات الدقيقة التى تزدهر فى الكمبوست فى تثبيط الإصابات المرضية فى الأراضى الملوثة بمسببات الأمراض التى تعيش فى التربة من خلال أربعة آليات، هى:

١- التضادية الحيوية.

٢- التنافس competition.

٣- التطفل الافتراسى predation hyperparasitism.

٤- حث مقاومة جهازية مكتسبة فى النباتات.

تنتج عديد من الكائنات الدقيقة، مثل الفطريات والأكتينومسيتات مضادات حيوية، ولقد عُرفت عديد من المسببات المرضية التى أمكن مكافحتها بالمضادات الحيوية، مثل *Armillaria mella* مسبب مرض عفن جذور أرميلاريا (بواسطة *Trichoderma viride*)، والذبول الطرى وأعفان الجذور التى يسببها فطر الرايزكتونيا، وبثيم (بواسطة

Pseudomonas fluroscens)، و *Agrobacterium tumefaciens* مسببه مرض عفن الجذور التاجى بواسطة *Agrobacterium radiobacter*.

أما التنافس فيحدث عندما تتنافس الكائنات الدقيقة على الغذاء (وخاصة المواد الكربوهيدراتية الغنية بالطاقة، والنيتروجين، والحديد)، وعلى مواقع الإصابة، وربما — كذلك — على الأكسجين.

أما الفطريات المتطفلة والمفترسة فإنها تتطفل على مسببات الأمراض النباتية، وتؤدى إلى تحللها وموتها، ومن أمثلتها تطفل ما يلى:

١- *Rhizoctonia solani* على أنواع من الـ *Pythium*.

٢- *Trichoderma viride* على *Armillaria mella*.

٣- *Tuberculina maxima*، و *Fusarium roseum* على فطر الصدأ *Cornartium ribicola*.

هذا .. وتعد الترايكودرما، وخاصة *Trichoderma hamatum*، و *T. harzianum* أكثر المتطفلات الفطرية تواجدًا فى الكمبوست المجهز من المخلفات الغنية باللجنين والسيليولوز مثل قلف الأشجار، ويمكنهما القضاء على الفطر *Rhizoctonia solani*. وفى المقابل يُستَعمر الكمبوست المجهز من لُب العنب الغنى فى السكريات بكل من الـ *Pencillum*، والـ *Asparagillus* اللذان يكافحان الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium rolfsii*.

كفاءة الكمبوست فى المكافحة الحيوية

كلما ازدادت نسبة المادة العضوية فى الكمبوست كلما ازدادت كفاءته فى المكافحة الحيوية؛ ذلك لأن الكائنات الدقيقة المفيدة فى المكافحة تكون أقدر على منافسة الكائنات المرضة ما بقيت نسبة اللجنين واللجنوسيليلوز عالية، وبعد أن تتحلل تلك المكونات تستعيد الكائنات المرضة قدرتها على استعمار الكمبوست.

ويمكن تقدير كفاءة التثبيط المرضى فى الكمبوست بقياس النشاط الميكروبى فيه.

ويمكن إجراء ذلك من خلال اختبار إنزيمي يعتمد على معدل تحلل الـ fluorescein diacetate (اختصارًا: FDA) بإنزيمات الـ lipases، والـ esterases، والـ proteases. ويعتقد أن معدل تحلل الـ FDA بواسطة الكائنات الدقيقة يرتبط بتثبيط أعفان الجذور التي تسببها فطريات الـ *Pythium*، والـ *Phytophthora* (Zinati ٢٠٠٥).

ويتحكم في كفاءة الكمبوست في المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض العوامل التالية:

١- المواد الأولية التي تدخل في إنتاج الكمبوست:

يتأثر محتوى الكمبوست من الفطريات بكيمياء المواد التي تدخل في إنتاجه. فكما أسلفنا بيانه .. نجد أن الكمبوست المحضر من مخلفات تحتوي على اللجنوسيليلوز lignocellulose مثل قلف الأشجار تستعمره أساسًا أنواع الترايكودرما *Trichoderma* التي يمكنها القضاء على الفطر *Rhizoctonia solani*، وبالمقارنة فإن الكمبوست الذي يجهز من لُب العنب المتخلف عن عصر الثمار – وهو الذي يكون فقيرًا في السيليلوز وغنيًّا في السكريات تستعمره أساسًا أنواع الـ *Penicillium*، والـ *Aspergillus* التي يمكنها القضاء على الأجسام الحجرية للفطر *Sclerotium rolfsii*.

٢- مدى نضج الكمبوست:

تتباين بيئات الزراعة المزودة بالكمبوست في كفاءتها في القضاء على الذبول الطرى الذي يسببه فطر الرايزكتونيا والذبول الفيوزاري؛ بسبب عشوائية إعادة استعمار الكمبوست بالكائنات الدقيقة المفيدة في المكافحة الحيوية بعد وصوله إلى أقصى درجة حرارة له أثناء عملية التحلل. ويعد الفطر *Rhizoctonia solani* المترمم منافسًا قويًّا؛ إذ يمكنه استخدام السيليلوز واستعمار القلف غير المتحلل، ولكنه لا يمكنه استعمار القلف المكتمل التحلل بسبب انخفاض محتواه من السيليلوز. هذا بينما يمكن لأنواع الترايكودرما النمو كمترممات في الكمبوست الطازج (غير المكتمل التحلل)، والعمل كمتطفل على فطر *R. solani* في الكمبوست المكتمل التحلل (الناضج).

٣- المحتوى الرطوبى والـ pH:

يؤثر المحتوى الرطوبى للكمبوست على قدرة البكتيريا على استعماره بعد بلوغه أقصى حرارة له أثناء تحلله. فالكمبوست الذى يحتوى على أقل من ٣٤٪ رطوبة (وزن/وزن) يمكن أن يُستعمر بواسطة بعض الفطريات. ويعد محفزًا على الإصابة بأمراض البثيم. ويمكن الحد من الإصابة بالبثيم بزيادة الرطوبة إلى ما لا يقل عن ٤٠٪-٥٠٪ (وزن/وزن)، ليمكن للبكتيريا والفطريات المفيدة استعمار الكمبوست بعد بلوغه أقصى حرارة له.

هذا .. بينما يُثبط الـ pH (رقم الحموضة) الأقل من ٥,٠ نمو البكتيريا المفيدة فى المكافحة الحيوية.

٤- الأملاح:

تزداد الأملاح فى الكمبوست المجهز من سبلة حيوانات المزرعة، وتزداد مع ذلك فرصة الإصابة بعفن جذور فيتوفثورا؛ ولذا .. تجب إضافة هذه النوعية من الكمبوست قبل الزراعة بوقت كافٍ مع توفير الماء لأجل غسيل الأملاح منه. وبالمقارنة فإن كمبوست قلف الأشجار يُعد قليل الأملاح.

٥- وقت إضافة الكمبوست للحقل:

كلما بكرنا بإضافة الكمبوست — وما قد يضاف معه من مخلفات عضوية أخرى — كلما ازداد النشاط الميكروبى، وازدادت كفاءة مكافحة مسببات مرضية مثل الـ *Pythium*، و *Phytophthora*، والـ *Fusarium*، والـ *Rhizoctonia solani* (Zinati ٢٠٠٥).

ومن بين أهم الكائنات الدقيقة التى تفيد فى المكافحة الحيوية والتى وجدت فى الكمبوست ما يلى:

Entrobacter spp.	*Bacillus* spp.
Pseudomonas spp.	*Flavobacterium balustinum*
Gliocladium virens	*Streptomyces* spp.

وتعد رطوبة الكمبوست أكثر العوامل تأثيرًا فى استعمار البكتيريا له بعد انخفاض حرارته؛ ذلك لأن الكمبوست الجاف نسبيًا الذى تنخفض رطوبته عن ٣٤٪ (وزنًا بوزن) يُستعمر بواسطة الفطريات، ويكون محفزًا لأمراض البثيم. وللحد من الإصابة بالبثيم يجب أن تكون رطوبة الكمبوست عالية بالقدر الكافى (٤٠٪-٥٠٪ وزنًا بوزن) حتى يُستعمر بواسطة البكتيريا — إلى جانب الفطريات — بعد انخفاض حرارته. ولذا ..يتعين إضافة الماء دائمًا خلال مراحل الكمر لتجنب جفاف الكمبوست. كذلك يقل استعمار البكتيريا للكمبوست إذا انخفض رقم الـ pH فيه عن ٥,٠.

وأحيانًا .. تُلاحظ إصابة بالرايزكتونيا وبأمراض أخرى بعد إضافة الكمبوست للتربة، ويمكن تجنب ذلك إما بإطالة فترة تحضير الكمبوست إلى أربعة شهور، وإما بإضافة الكمبوست إلى حقل الزراعة قبل الزراعة بعدة شهور، وإما بتلقيح الكمبوست بالكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للرايزكتونيا وغيره من المسببات المرضية التى قد تظهر (Hoitink وآخرون ١٩٩٧).

استعمال مستخلصات الكمبوست رشاً على النموات الخضرية

تستخدم مستخلصات الكمبوست compost tea فى رش النموات الخضرية النباتية لمكافحة بعض الأمراض.

وتحضر تلك المستخلصات — غالبًا — بنقع الكمبوست التام التجهيز mature compost فى الماء بنسبة ١:١ (وزنًا بوزن) لمدة ٧-١٠ أيام، وقد يضاف إليه مواد تزيد من الأعداد الميكروبية فيه مثل المولاس، ويلى ذلك ترشيح المستخلص المائى للكمبوست. وتتأثر كفاءة استعمال الكمبوست لهذا الغرض حسب الكمبوست ذاته، والمحصول، والأمراض المستهدفة بالمكافحة. هذا مع العلم بأن تلك المستخلصات تحتوى على عديد من الأنواع البكتيرية والفطرية المستخدمة بالفعل فى المكافحة الحيوية.

كذلك يُنسب للكائنات الميكروبية الدقيقة الموجودة فى مستخلصات الكمبوست قدرتها

على حث تكوين مقاومة جهازية في النباتات التي تعامل بها (Hoitink وآخرون ١٩٩٧).

يستعمل مستخلص الكمبوست رشًا في مكافحة عديد من الأمراض، كما يستعمل سقيًا للتربة لأجل مكافحة الذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Pythium ultimum* (Scheuerell & Manaffee ٢٠٠٤)، ولزيادة النشاط البيولوجى للتربة.

ونظرًا لأن مستخلصات الكمبوست يمكن أن تفقد فاعليتها سريعًا عند استخدامها رشًا بسبب تعرضها لأشعة الشمس، وخاصة الأشعة فوق البنفسجية؛ لذا تفضل إضافتها إلى سطح التربة، حيث تزيد من خصوبتها، وتُسرع من تحلل ما فيها من مادة عضوية.

ويكون نقع الكمبوست فى ماء غير مكلور بنسبة ١:٤ على التوالى، مع دفع تيار من الهواء فى المعلق لكى تستمر الظروف هوائية؛ بما يسمح باستمرار نمو وتكاثر البكتيريا المفيدة والفطريات والبروتوزوا وتستمر تهوية النقوع لمدة ١٢–٤٨ ساعة حسب نوع الكائنات الدقيقة التى يرغب فيها بالمستخلص. فالتهوية والنقع لمدة ١٢ ساعة فقط يكون مناسبًا لنمو الفطريات، بينما يناسب النقع لمدة ٢٤ ساعة نمو البكتيريا، ويناسب النقع لمدة ٣٦–٤٨ ساعة نمو البروتوزوا.

وتفيد إضافة المولاس فى تحفيز نمو البكتيريا، بينما تحفز إضافة حامض الهيوميك نمو الفطريات. ويضاف أحيانًا الاسفاجنم بيت موس أو القش كمصدر للبروتوزوا.

وتجب المعاملة بمستخلصات الكمبوست بمجرد الحصول عليه لضمان أن يكون محتواه من الكائنات الدقيقة مازال بحالة نشطة.

ومن أمثلة حالات استخدام مستخلص الكمبوست فى مقاومة الأمراض، ما يلى:

- وَجِدَ أن المستخلص المائى لمخلوط السماد العضوى + القش المتخمرين يحتوى على أعداد كبيرة ومتنوعة من الأكتينوميسيتات، والبكتيريا، والفطريات، والخمائر، وكان

المستخلص شديد الفاعلية فى مكافحة الفطر *B. cinerea* فى كل من الفاصوليا والخس. وقد أدى تعقيم المستخلص بالترشيح أو بالأوتوكليف إلى فقده لفاعليته (McQuilken وآخرون ١٩٩٤).

● أدى رش نباتات الخس بالمستخلص المائى لمنقوع كمبوست السبلة مع القش إلى خفض شدة الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea*. وبفحص هذا المستخلص تبين احتواءه على أعداد كبيرة وأنواع عديدة من كل من الأكتينوميسيتات (٠,٣-٢,٤ × ١٠^{٥} لكل مل)، والبكتيريا (١,٥-٥,٦ × ١٠^{١٠} لكل مل)، والفطريات الخيطية (٢٥-٤٥,٥ لكل مل)، والخمائر (٢٦,١-٦٢,٦ لكل مل) (McQuilken وآخرون ١٩٩٤).

● أمكن خفض معدل إصابة نباتات البامية بعفن كوانيفورا المائى choanephora rot بنسبة ٧٦٪ – مقارنة بالعفن فى نباتات الكنترول – عندما عوملت النباتات بمستخلص كمبوست قش الأرز المزود بالميكوريزا *Trichoderma harzianum* (Siddiqui وآخرون ٢٠٠٨).

● أمكن مكافحة الندوة المبكرة فى الطماطم (التى يسببها الفطر *Alternaria solani*) برش النباتات بمستخلص كمبوست أثناء تجهيزه وهو بعمر ١٤ يومًا (Tsror ١٩٩٩).

مجموعات الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية

إن من أهم الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية، مايلى (عن Sharma وآخرين ٢٠٠٤).

● **الفطريات:**

Trichoderma spp.

Aspergillus niger

A. flavus

Pythium nannum

Trichothecium spp.

Paecilomyces lilacinus

Penicillium spp.

Myrothecium spp.

Corticium spp.

Pythium oligandrum

Peniophora gigantea

Candida oleophila

Sporidesmium sclerotivorum

Coniothyrium minitans

Ampelomyces quisqualis

Chaetomium spp.

Cladosporium spp.

Fusarium semitectum

Tuberculina spp.

Phialophora spp.

Catenaria spp.

Verticillium spp.

- البكتيريا:

Pseudomonas spp.

Agrobacterium radiobactor

Bacillus spp.

- الأكتينوميسيتات:

Streptomyces griseus

S. rimosum

ونقدم – فيما يلى – أمثلة لبعض أمراض الخضر التى أمكن مكافحتها حيويًا بنوعيات مختلفة من الكائنات الدقيقة.

بكتيريا المحيط الجذرى

أمثلة متنوعة

إن الأنواع البكتيرية التى تتواجد فى المحيط الجذرى كثيرة ومتنوعة، ولا يقتصر دور بكتيريا المحيط الجذرى على حماية النباتات من الإصابة ببعض مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية فقط، وإنما يتعداه إلى حمايتها — كذلك — من الإصابة ببعض الفيروسات وبعض الأنواع النيماتودية والحشرية، وذلك كما يتبين من جدول (٩-١).

جدول (٩-١) أمثلة على المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض والحشرات فى عدد من المحاصيل الزراعية باستعمال بكتيريا المحيط الجذرى المنشطة للنمو (عن **Zahir** وآخرين ٢٠٠٤).

المحصول	المرض أو الآفة	بكتيريا المحيط الجذرى
الشعير	البياض الدقيقى	*B. subtilis*
الفاصوليا	اللفحة الهالية	*Ps. fuorescens* strain 97
	Sclerotium rolfsii	*Ps. cpacia*
القرنفل	*Fusarium* wilt	*Pseudomonas* sp. (WCS417r)
القطن	الذبول الطرى	*Ps. flourescens*
	Meloidogyne incognita	*B. subtilis*
	M. arenaria	
	Rhizoctonia solani	*Ps. cepacia*
	Helicoverpa armigera	*Ps. gladioli*
الخيار	الأنثراكنوز	*Ps. putida* 89B-27)
		Serratia morcescens (90-166)
	Pythium ultimum	*Ps. cepacia*
	الذبول البكتيرى	*Ps. putido* (89B-27)
		S. marcescens (90-166)
	تبقع الأوراق الزاوى البكتيرى	*Ps. Putida* (89B-27)
		Flavomonas oryzihabitans INR-5

تابع جدول (٩-١).

بكتيريا الحيط الجذرى	المرض أو الآفة	المحصول
S. marcescens (90-166)		
Bacillus pumilus (NR7)		
Ps. Putida (89B-27)	الذبول الفيوزارى	
S. marcescens (90-166)		
Ps. putida (89B-27)	فيرس موزايك الخيار	
S. marcescens (99-166)		
Ps. putida (89B-27)	خنفساء الخيار المخططة	
Flavomonas oryzihanitans INR-5		
S. marcescens (90-166)	خنفساء الخيار المبقعة	
B. pumilus (INR-7)		
Mixture of *Paenibacillus* sp. 300 and *Streptomyces* sp. 385	الذبول الفيوزارى	
Pseudomonas sp.	*Aspergillus* sp. *Curvularia* sp. *Fusarium oxysporum* *Rhizoctonia solani*	Green gram
Ps. maltophila	دودة كيزان الذرة	الذرة
Ps. cepacia strains 526 and 406, *Enterobacter agglomerans* strain 621	*Fusarium monilifornae*	
Ps. aeruginosa *B. subtilis*	عفن الجذور ونيماتودا تعقد الجذور	فاصوليا المنج
Streptomyces spp. and *Bacillus cereus* in combination with Ps. *fluorescens* and *Burkholderia*	لفحة أغماد الأرز	الأرز
Combination of *Ps. fluorescens* strains Pf1 and Fp7	مسبب لفحة أغماد الأرز	

تابع جدول (٩-١).

المحصول	المرض أو الآفة	بكتيريا المحيط الجذرى
	نيماتودا جذور الأرز	PGPR
بنجر السكر	نيماتودا التحوصل	*Ps. fluorescens*
	Pythium ultimum, Phoma betae, Rhizopus stolonifer, Fusarium oxysporum	*Pseudomonas* sp. strain F113
قصب السكر	الجذر الأحمر	PGPR
التبغ	فيرس تحلل التبغ	*Ps. fluorescens*
	اللفحة النارية	PGPR
	العفن الأزرق	*S. marcescens* 90-116, *B. pumilus* SE 34, *Ps. fluorescens* 89B-61, *B. pumilus* T4, *B. pasteurii* C-9
	دودة التبغ القرنية	Transgenic *Ps. cepacia* strain 526
الطماطم	نيماتودا تعقد الجذور	*Ps. chitinolytica*
	فيرس موزايك الخيار	*B. pumilus, Kluyvera cryocrescens, B. amyloliquifacians* strain IN 937a, *B. subtilis* strain IN 937b
	فيرس تبرقش الطماطم	*B. amyloliquifacians* strain IN 937a, *B. subtilis* strain IN 937b
القمح	Take all disease	*Bacillus, Pseudomonas, Penicillium,* Beauveria, *Rhodococcus*
		Mixture of *Pseudomonas* sp.
	Septoria tritici	*Ps. aeruginosa* strain Leci
		Ps. putida strain BK8661

ولقد وجد أن المعاملة بمخاليط من عزلات مختلفة لبعض الأنواع البكتيرية التى تعيش فى محيط الجذور والتى تنشط النمو النباتى plant growth promoting rhizobacteria (اختصارًا:

PGPR) تفيد أفضل من المعاملة بالعزلات المفردة في حث المقاومة ضد بعض الأمراض، مثل: الذبول البكتيرى فى الطماطم (الذى تسببه البكتيريا *Ralstonia solanacearum*)، وفيرس موزايك الخيار فى الخيار، والأنثراكنوز فى الفلفل (الذى يسببه الفطر *Colletotrichum gloeosporioides*)، والذبول الطرى (الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani*)؛ هذا علمًا بأن جميع العزلات لم تكن مؤثرة على أى من المسببات المرضية المذكورة أعلاه فى البيئات الصناعية (Jetiyanon & Kloepper ٢٠٠٢).

النوع البكتيرى *Bacillus subtilis* والأنواع القريبة منه

تنتشر البكتيريا *Bacillus subtilis* في مختلف أنواع الأراضي وفي البقايا النباتية المتحللة، ولكنها تتواجد غالبًا في صورة جراثيم ولا تكون نشطة بيولوجيًّا. ويتوفر من سلالات هذه البكتيريا طرازان يستعمل أحدهما رشًّا على النموات الخضرية (مثل: QST713)، بينما يُضاف الآخر إلى التربة أو تعامل به البذور (مثل: GB03 كما في التحضير التجارى Kodiak).

تُنتج البكتيريا طرازًا من المضادات الحيوية (ببتيدات دهنية lipopeptides يتضمن الـ inurins؛ مما يجعلها منافسًا قويًّا للكائنات الدقيقة الأخرى بقتلها أو خفض معدلات نموها.

عند معاملة البذور بالبكتيريا فإنها تقوم — مباشرة — باستعمار المجموع الجذرى النامي وتكون منافسًا قويًّا لما قد تتعرض له الجذور من كائنات أخرى ممرضة.

كذلك تثبط البكتيريا إنبات جراثيم المسببات المرضية وتعطل أنابيبها الجرثومية، وتقف حائلاً أمام تعلق المسبب المرضى بالنبات، كذلك فإنها تستحث تطوير مقاومة جهازية مكتسبة.

ومن بين أهم سلالات هذه البكتيريا ما يلى:

١- السلالة QST713: تستخدم رشًّا لمكافحة البياض الدقيقى.

٢– السلالة GB03: تستخدم فى معاملة البذور لمكافحة الفطريات التى تصيب الجذور.

٣– السلالة MB1600: تستخدم فى معاملة البذور أو التربة.

٤– السلالة FZB24 من *B. subtilis* var. *amyloliquefaciens* تعامل بها التربة.

ومن التحضيرات التجارية المعروفة للبكتيريا: Seranade، و Kodiak (Resource Guide for Organic Insect and Disease Management – كورنل – الإنترنت – ٢٠٠٦).

تتوفر البكتيريا *Bacillus subtilis* تجاريًا – محليًا – فى مركبين، هما: ريزو إن، وكلين روت، وهما يستعملان إما بمعاملة البذرة بمعدل ١٠ جم/كجم بذرة إن لم تكن البذور قابلة للنقع، مثل الفاصوليا، وإما بنقع البذور – التى يمكن نقعها كالقرعيات فى معلق يحتوى على ٥ جم من المركب/لتر ماء، ويحتاج كل كيلوجرام من البذور لنحو لترين من المعلق، ويستمر النقع لمدة ١٢ ساعة قبل الزراعة. كذلك يمكن رى صوانى الشتلات بمعلق للمركب (كلين روت مثلا) يحتوى على ١٠ جم من المركب/لتر ماء، وذلك قبل نقل الشتلات إلى الحقل بنحو ١٢ ساعة. ويمكن كذلك غمر بعض الشتلات كالفراولة والطماطم، وكذلك درنات البطاطس المستعملة كتقاو لمدة ثلاث دقائق فى معلق من كلين روت يحتوى على كيلوجرام واحد منه لكل ١٠٠ لتر ماء.

وتفيد هذه البكتيريا فى الحماية من الإصابة بسقوط البادرات وأمراض أعفان الجذور.

وقد أوضحت الدراسات فاعلية معاملة البذور أو سقى التربة بمعلق لثلاثة أنواع من الجنس *Bacillus* (هى: *B. subtilis*، و *B. thuringiensis*، و *B. cereus*) فى مكافحة مسببات الأمراض الفطرية *Macrophomona phaseolina*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium* spp. فى اللوبيا (Dawar وآخرون ٢٠١٠).

ووجد أن معاملة بذور البطيخ ببعض الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المقاومة الحيوية حفَّزت زيادة فى نشاط إنزيمات الـ phenylalanine ammonia lyase، والـ

peroxidase، والـ polyphenol oxidase، والـ β-1-3-glucanase، كما حفزت تراكم تراكم الفينولات، وذلك بعد عدوى النباتات بالفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض لفحة ألترناريا، وبلغت قمة نشاط الإنزيمات – التى تعبر عن المقاومة الجهازية المستحثة – بعد ستة أيام من العدوى بالفطر. وقد كانت السلالة BsW1 من البكتيريا *Bacillus subtilis* أعلى كائنات المكافحة الحيوية تأثيرًا فى النشاط الإنزيمى وتراكم الفينولات (Umamaheswari وآخرون ٢٠٠٩).

وتبين أن أربع عزلات من البكتيريا *Bacillus* spp. – من بين ١٥ عزلة – حُصل عليها من تربة مثبطة لنيماتودا تعقد الجذور *M. incognita* – كانت مثبطة لفقس بيض النيماتودا، وأكثر قدرة عن غيرها فى استعمار جذور الطماطم، وفى تحفيز أو زيادة النمو النباتى، وتقليل تثألل الجذور وتكاثر النيماتودا، كما كانت تلك العزلات (B1، و B4، و B5، و B11) أكثر العزلات إنتاجًا لإندول حامض الخليك (Singh & Siddiqui ٢٠١٠).

كذلك أظهرت السلالة YMF3.25 من البكتيريا *Bacillus megaterium* كفاءة عالية فى مكافحة نيماتودا تعقد الجذور *M. incognita*، وتبين أن تلك البكتيريا تُطلق مركبات متطايرة هى التى تؤثر على النيماتودا، منها: 2-nonanone، و decanal، و 2-undecanone، و dimethyl disulphide، وقد أظهرت جميعها فاعلية ضد كل من اليرقات والبيض عند تركيز ٠,٥ مللى مول، هذا بالإضافة إلى إنتاج البكتيريا لمركبات متطايرة أخرى كانت أقل تأثيرًا (Huang وآخرون ٢٠١٠).

الزيدوموناوز الفلورية

تلعب عديد من الزيدومونادز الفلورية fluorescent pseudomonads البكتيرية – وهى بكتيريا تعيش فى المحيط الجذرى للنباتات – دورًا فى مكافحة عديد من مسببات الأمراض فى عديد من المحاصيل الحقلية والخضر والفاكهة، وهى التى يمكن الرجوع إلى تفاصيلها فى Anjaiah (٢٠٠٤).

ولقد أدت معاملة بيئة نمو جذور الفاصوليا بأى من السلالات WM35 من البكتيريا *Pseudomonas fluorescens*، أو MW09 من البكتيريا *P. aureofaciens*، أو WM06 من البكتيريا *P. putida* إلى حث مقاومة جوهرية ضد الفطر *Uromyces appendiculatus* مسبب مرض الصدأ لمدة ٣٠ يومًا من زراعة البذور، إلاّ أن السلالتين WM35، و WM06 – فقط – هما اللتان وفرتا حماية للنباتات من الإصابة بالصدأ طوال مدة الدراسة (Abeysinghe ٢٠٠٩).

كما وجد لدى اختبار تأثير عدد من السلالات البكتيرية من كل من *Pseudomonas*، و *Bacillus* على نمو البسلة وإصابتها بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita* أن سلالات الـ *Pseudomonas* – وخاصة السلالة Pf1 كانت أقواها تأثيرًا فى تثبيط فقس بيض النيماتودا واختراقها للجذور، وكذلك فى تحفيز نمو بادرات البسلة. وقد تبين أن تلك السلالة (Pf1) كانت أكثر السلالات إنتاجًا للـ siderophores وأكثرها إنتاجًا لإندول حامض الخليك (Siddiqui وآخرون ٢٠٠٩).

أنواع الاستربتوميسيتات

تنتج الاستربتوميسيتات streptomycetes مضادات حيوية تفيد فى مكافحة بعض المسببات المرضية، كما يتبين من الأمثلة التالية:

- أمكن حماية البطاطس من الإصابة بالجرب الذى تسببه *Streptomyces scabies* بمعاملة التربة بأى من سلالتين من الـ *Streptomyces* مثبطتين لـ *S. scabies*، هما: السلالة PonSSII من *S. diastatochromogenes* والسلالة PonR من *S. scabies* (Liu وآخرون ١٩٩٥أ).

- أدت معاملة جذور الطماطم بالاستربتوميسيت *streptomyces plicatus* – الذى ينتج إنزيم الشيتينيز chitinase – بوفرة إلى حماية النباتات من الإصابة بكل من الفطريات *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* مسبب مرض الذبول الفيوزارى، و *Alternaria alternata* مسبب مرض تقرح الساق، و *Verticillium albo-atrum* مسبب مرض ذبول فيرتسيليم (Abd-Allah ٢٠٠١).

البكتيريا المتطفلة على المسببات المرضية

تتطفل بعض الأنواع البكتيرية على بعض مسببات الأمراض الفطرية التى تعيش فى التربة، كما يتبين من جدول (٩-٢).

جدول (٩-٢): أمثلة لبكتيريا تتطفل على بعض مسببات الأمراض الفطرية التي تعيش ل التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

البكتيريا	المسبب المرضى
Actinoplanes spp.	*Phytophthora megasperma*
	Pythium spp.
Arthrobacter spp.	*Pythium debaryanum*
Bacillus spp.	*Sclerotium cepivorum*
Coryneforms	*Sclerotium cepivorum*
Enterobacter agglomerans	*Rhizoctonia solani*
Pseudomnonas cepacia	*Pythium ultimum*
	Rhizoctonia solani
	Sclerotium rolfsii
Serratia marcescens	*Rhizoctonia solani*
	Sclerotium rolfsii
Streptomyces griseoviridis	*Alternaria brassicola*
	Botrytis cinerea
	Phomopsis sclerotioides
	Mycocentrospora acerina
	Sclerotinia scleratiorum

البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى

تلعب البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى دورًا فى الحد من بعض المسببات المرضية كما يتبين من الأمثلة التالية:

● يؤدى تلقيح جذور الطماطم بالبكتيريا المنشطة للنمو النباتى *Azospirillum brasilense* إلى حماية البادرات من الإصابة بالبكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* مسبب مرض النقط البكتيرية (Bashan & Bashan ٢٠٠٢).

● تفيد البكتيريا المثبتة لآزوت الهواء الجوى *Alcaligenes faecalis* فى الحد – جوهريًّا – من إصابة الطماطم بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Rhizoctonia solani*، ويعتقد أن مرد ذلك التأثير إلى ما تنتجه البكتيريا من الهيدروكسيل أمين hydroxylamine، علمًا بأن هذه البكتيريا تثبط نمو ١٣ نوعًا من الفطريات فى البيئات الصناعية (Honda وآخرون ١٩٩٩).

● أفادت معاملة بذور الفاصوليا بأى من البكتيريا *Rhizobium leguninosarum* bv. *viceae* (السلالتين R12، و R21) أو *R. leguninosarum* bv. *phaseoli* (السلالة BR)، أو *Pantoea agglomerans* (السلالة PA) إلى مكافحة الذبول البكتيرى الذى تسببه البكتيريا *Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccunfaciens* بصورة جوهرية، سواء أكانت البذور مصابة طبيعيًّا بالبكتيريا الممرضة، أم تم عدواها بها (Huang وآخرون ٢٠٠٧).

الميكوريزا

عرفت فائدة بعض فطريات الميكوريزا mycorrhizae التابعة للجنس *Trichoderma* فى مجال المكافحة الحيوية لمسببات الأمراض النباتية منذ عشرينيات القرن العشرين. ولقد كان الاعتقاد السائد – حتى وقت قريب – أنها تعمل – أساسًا – من خلال قدرتها على التطفل على الفطريات mycoparasitism، والتضادية الحيوية antibiosis، وقدرتها التنافسية competition على مصادر الغذاء والحيز المكانى، إلا أن التقدمات الحديثة أظهرت – كذلك – أهمية الترايكودرما فى حث تطوير كلا من المقاومة الجهازية والموضعية.

وتظهر أهمية الميكوريزا فى مكافحة أمراض الجذور من الأمثلة التالية (عن Palti ١٩٨١، و White ١٩٨٧).

المحصول	المسبب المرضى	تأثير الميكوريزا
الفراولة	*Cylindrocarpon destructans*	تقليل الإصابة كثيرًا
فول الصويا	*Phytophthora megasperma*	يقل عدد النباتات الميتة
	Meloidogyne incognita	تقل أعداد الثآليل ويزداد المحصول
القطن	*Thielaviopsis basicola*	يقل التقزم النباتى
	Meloidogyne incognita	يقل التقزم
	Pratylenchus brachyurus	تقل أعداد النيماتودا
الطماطم	*Fusarium oxysporum*	يقل التقزم وتقل الإصابة
	Meloidogyne incognita	تقل أعداد النيماتودا
الخيار	*Fusarium oxysporum*	يقل التقزم وتقل الإصابة
	Meloidogyne incognita	تقل أعداد النيماتودا ويزداد النمو النباتى
الموالح	*Phytophthora parasitica*	يقل الضرر
البصل	*Pyrenochaeta terrestris*	تقل الإصابة
الجزر	*Meloidogyne hapla*	تقل الإصابة

هذا .. وربما تحدث الحماية لجذور النباتات من الإصابة بالمسببات المرضية بسبب وجود الغطاء الكثيف لفطريات الميكوريزا التى تحيط بالجذور وتشكل عائقًا فيزيائيًا أمام الإصابات المرضية. ولا تتوفر هذه الحماية إلا فى أجزاء الجذور التى تكون على صلة بفطر الميكوريزا.

ومن المعروف أن فطريات الميكوريزا تغير من فسيولوجيا النبات؛ فالجذور التى تتصل بها تكون أكثر (لجننة) من الجذور غير المتصلة بها، وربما يكون لذلك صلة مباشرة بتقليل حدوث الإصابات المرضية.

وتحتوى النباتات على إنزيمات شيتينية Chitionlytic Enzymes تقوم بتحليل الـ

Arbuscules المسنة. ويمكن أن تكون هذه الإنزيمات مؤثرة على الفطريات المرضة كذلك.

ويكون للتغيرات فى فسيولوجيا الجذور المتصلة بفطريات الميكوريزا تأثيرات أخرى على الكائنات المرضة؛ فمثلاً .. يزداد الأرجنين الذى يقلل من تجرثم الفطر *Thielaviopsis basicola*، كما يزداد تركيز السكريات المختزلة التى قد تثبط نمو الفطر *Pyrenochaeta terrestris*.

كما أن تواجد فطريات الميكوريزا يؤدى إلى زيادة فى النمو النباتى؛ الأمر الذى يزيد من مقاومة النباتات للإصابات المرضية (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

تستعمر فطريات الميكوريزا خلايا البشرة والطبقات الخارجية من القشرة فى الجذور، وتفرز جزيئات كيميائية تتسبب فى إحاطة ميسيليوم الترايكودرما المتقدم بجدر عازلة. وإلى جانب إرسال الميكوديرما لإشارة البدء فى حث تطوير المقاومة الجهازية فإنها تسهم — بشدة — فى زيادة معدل النمو وإمتصاص العناصر.

وتفرز فطريات الترايكودرما خليطاً من الإنزيمات المضادة للفطريات تتضمن: β-1,3-glucanases، ولهذه الإنزيمات خاصية تداؤبية synergistic مع بعضها البعض، ومع مواد أخرى (Harman ٢٠٠٦).

وتفيد المعاملة بالـ arbuscular mycorrhizal fungi (فطريات الميكوريزا) فى الوقاية من العديد من المسببات المرضية، كتلك التى تتبع الأجناس.

Gauemannomyces	*Phytophthora*
Chalara (*Thielaviopsis*)	*Fusarium*
Rhizoctonia	*Pythium*
Verticillium	*Sclerotium*
	Aphanomyces

هذا .. إلا أن تلك الحماية لا تكون ضد جميع المسببات المرضية الفطرية، كما أن

مستوى الحماية التى توفرها الميكوريزا يختلف باختلاف كل من نوع الميكوريزا المستعمل والنوع النباتى المُعامل بها.

ولا تقتصر الحماية التى توفرها الميكوريزا على الأمراض التى تعيش مسبباتها فى التربة وتحدث الإصابة بها عن طريق الجذور، بل تتعداها — أحيانًا — إلى تلك التى تصيب النموات الخضرية كذلك.

كما أن الميكوريزا يمكن أن تغير من شدة قابلية النباتات للإصابات الحشرية، حيث تؤثر فى قدرتها على التغذية والتكاثر على النبات العائل وخاصة الحشرات القارضة (Harrier & Watson ٢٠٠٣).

تعد السلالة T-22 من *Trichoderma harzianum* من أكثر سلالات الترايكودرما استعمالاً فى المكافحة الحيوية، وكانت قد أنتجت بطريقة دمج البروتوبلاست؛ بهدف الحصول على سلالة على درجة عالية من القدرة على المنافسة فى الميحط الجذرى النباتى rhizosphere، مع قدرة عالية — أيضًا — على المنافسة مع البكتيريا التى تعرف باسم spermosphere bacteria. وكانت السلالتان اللتان أدمجتا من *T. harzianum* هما السلالة T-95، وهى طفرة ذات قدرة عالية على المنافسة في المحيط الجذرى كانت قد أنتجت في كولومبيا من سلالة عزلت من تربة مثبطة للرايزكتونيا، والسلالة T-12، وهى التى كانت بدورها أكثر قدرة على المنافسة مع الـ spermosphere bacteria عن T-95 تحت ظروف نقص الحديد، وكانت كلتاهما قويتين فى المكافحة الحيوية.

وعلى الرغم من ظهور سلالات كانت أكثر قدرة على التنافس فى المحيط الجذرى أو أكثر قدرة على التنافس مع الـ spermosphere bacteria، فإن السلالة T-22 كانت أكثرها فاعلية وجمعت الخاصيتين معًا (Harman ٢٠٠٠).

ويبين جدول (٩-٣) أهمية الميكوريزا فى مكافحة عدد من المسببات المرضية للخضر.

جدول (٩-٣): تأثير الميكوريزا arbuscular mycorrhizae على الإصابات المرضية في محاصيل الخضر (عن Sharma وآخرين ٢٠٠٤).

الفطر الممرض	العائل	الإصابة المرضية [أ]
Rhizoctonia solani	البطاطس	—
Aphanomyces euteiches	البسلة	—
Sclerotium cepivorum	البصل	—
F. oxysporum f. sp. *cepa*		—
F. oxysporum f. sp. *cumini*	الكمون	+
F. oxysporum f. sp. *lycopersici*	الطماطم	—
F. oxysporum f. sp. *lycopersici*		—
F. oxysporum f. sp. *radicis-lycopersici*		—
Phylophthora nicotianae f. sp. *parasitica*		—
Phylophthora parasitica		—
F. oxysporum f. sp. *asparagi*	الأسبرجس	—
Colletotrichum lindemuthianum	الفاصوليا	+
Phoma terrestris	البصل	....
Pyrenochaeta terrestris		—
Pyrenochoeta lycopersici	الطماطم	—
Pythium aphanidermatum		—
Sclerotium rolfsii	الفلفل	—
Sclerotium cepivorum	الثوم	....
Rhizoctonia solani	الطماطم	—

(أ): (-) غير موجودة، (+) موجودة، (....) لم تحدد).

وتوفر المعيشة التعاونية الكاملة بين جذور البسلة وفطر الميكوريزا حماية للبسلة من الإصابة بالفطر *Aphanomyces euteiches* مسبب مرض عفن جذور أفانوميسس، ولذلك

علاقـة بالإنزيمـات الـشيتينوليتية chitinolytic enzymes التـي تحـدثها الميكـوريزا (Slezack وآخرون ٢٠٠٠).

كذلك أدت المعاملة بالميكوريزا (AMF) إلى مكافحة عـدة أنـواع نيماتوديـة فـى عـدد كبير من محاصيل الخضر، وكان من الأنواع النيماتودية المختبرة، ما يلى (عـن Sharma وآخرين ٢٠٠٤).

M. hapla	*Meloidogyne arenaria*
Pratylenchus penetrans	*M. incognita*
	Rotylenchus reniformis

الخمائر

نجحت المعاملة ببعض أنواع الخمائر فى مكافحة بعض أمراض الخـضر، كمـا يتـبين من الأمثلة التالية:

• أمكن الحصول على نتائج جيدة عند محاولة مكافحة اثنين من الفطريـات المـسببة لمرض العفن الجاف الفيـوزارى فـى البطـاطس — همـا: *F. sambucinum* (*Gibberella pulicaris*)، و *F. solani* var. *coruleum* — باستعمال عدة سلالات من الخميرة، ولكـن البكتيريـا *Pseudomonas fluorescens* أعطـت نتـائج إيجابيـة (Schisler وآخـرون ١٩٩٥). كـذلك أمكـن مكافحـة الفطـر *F. sambucinum* بواسـطة البكتيريـا *P. cepacia* (سلالة B37w) فى بيئة صناعية (Burkhead وآخرون ١٩٩٤).

• أدت المعاملة بـبعض العـزلات مـن الخمـائر *Rhodotorula glutinis*، و *Cryptococcus albidus* إلى مكافحـة الفطـر *Botrytis cinerea* فـى الفاصـوليا (Elad وآخرون ١٩٩٤).

• أدى رش نباتات الخيار ثلاث مرات على فترات أسـبوعية بمعلـق لـبعض طفـرات الخميرة *Tilletiopsis washingtonensis* إلى حمايتها من الإصابة بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مـسبب مـرض البيـاض الـدقيقى، وقـد ظهـرت هيفـات *S. fuliginea* وهـى منكمشة ومنهارة فى النباتات المعاملة بالخميرة (Abd El-Hafiz ١٩٩٩).

● أدت معاملة بذور الفول بمعلق من خميرة الخبز يحتوى على 10^9 وحدة مكونة للمستعمرات CFU/مل إلى إحداث خفض جوهرى فى الإصابة بالذبول الطرى السابق للإنبات والتالى له الذى تسببه مجموعة من الفطريات، منها *F. solani*، و *R. solani*، و *V. dahliae*، كما أدت المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى دلائل النمو الخضرى، وفى المحصول ومكوناته، كما أدت إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل والفينولات الكلية (Elwakil وآخرون ٢٠٠٩).

السلالات غير الممرضة من فطريات ممرضة

نجحت – أحيانًا – المعاملة بسلالات غير ممرضة من بعض المسببات المرضية فى حماية النباتات من الإصابة بنفس المسبب المرضى أو غيره، كما يتبين من الأمثلة التالية:

● أدت المعاملة بالسلالة غير المرضة Fo47 من *F. oxysporum* إلى حماية نباتات الطماطم من الإصابة بالذبول الفيوزارى، وذلك فى كل من المزارع المائية والأرضية. وقد أدت المعاملة إلى زيادة نشاط إنزيمات الـ chitinase، و β-1,3-glucanase، والـ β-1,4-glucosidase فى النباتات المعاملة بالسلالة غير المرضة (Fuchs وآخرون ١٩٩٧).

● أمكن بإضافة أى من ١٣ سلالة غير ممرضة من *Fusarium oxysporum* (سبق عزلها من التربة أو من المحيط الجذرى لنباتات أسبرجس) إلى تربة لوثت – كذلك – بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *aspargi* إلى خفض إصابة نباتات الأسبرجس بعفن الجذور الذى يسببه هذا الفطر بأكثر من ٥٠٪ (Blok وآخرون ١٩٩٧).

● وجد أن بعض عزلات الفيوزاريم غير المرضة كانت عالية الفاعلية فى الحماية من الإصابة بالذبول الفيوزارى فى عديد من النباتات، منها: الطماطم، والبطيخ، والكنتالوب، وذلك من خلال إكساب النباتات مقاومة جهازية مستحثة (Larkin & Fravel ١٩٩٨).

● أمكن الحصول على مجموعة كبيرة من عزلات الفطر *Rhizoctonia* sp. لم تكن قادرة على إصابة الخيار، ولكن المعاملة ببعضها أكسبت الخيار مقاومة جيدة لكل من المسببات المرضية التالية:

١- الفطر *Rhizoctonia* مسبب مرض الذبول الطرى.

٢- الفطر *Pythium aphanidermatum* مسبب مرض الذبول الطرى.

٣- البكتيريا *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* مسبب مرض تبقع الأوراق البكتيرى (Sneh & Ichielevich-Auster ١٩٩٨).

● أظهرت ثلاث عزلات من *Fusarium* spp. غير ممرضة قدرة على الحد من إصابة الطماطم والبطيخ بالذبول الفيوزارى، وكانت أعلاهم كفاءة السلالة CS-20، وذلك مقارنة بالسلالتين الأخرتين، وهما: CS-1، و Fo47 (Larkin & Fravel ١٩٩٩).

● أدى حقن الخيار بعزلات غير ممرضة من أى من الفطرين *Alternaria cucumarina* أو *Cladosporium flulvum* إلى حث تكوين مقاومة جهازية بالنبات وفرت له حماية من الإصابة بالفطر *Sphaerotheca fuliginea* مسبب مرض البياض الدقيقى (Reuveni & Reuveni ٢٠٠٠).

● أمكن عزل سلالة غير ممرضة من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* كانت قادرة على استعمار جذور عدد من أصناف الكنتالوب والبطيخ دون أن تظهر عليها أى أعراض مرضية. وبعدوى النباتات بتلك السلالة — التى أعطيت الرمز 4/4 — فإنها أكسبت الكنتالوب مقاومة ضد السلالة 1.2 من الفطر ذاته، كما أكسبت البطيخ مقاومة ضد السلالة رقم ٢ من الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (Freeman وآخرون ٢٠٠٢).

الحيوانات التى تعيش على المسببات المرضية

يُستفاد من بعض الأنواع الحيوانية من الأميبا، والنيماتودا، والحشرات، والعناكب، وديدان الأرض فى التخلص من بعض المسببات المرضية كما يتضح من جدول (٩-٤).

وقد أمكن مكافحة فطر الرايزكتونيا *Rhizoctonia solani* فى الفجل بإطلاق العنكوب *Scheloribates azumaensis* الذى وجد أنه يتعيش على ميسيليوم الفطر (Enaml & Nakamura ١٩٩٦).

جدول (٩-٤): أمثلة لمسببات مرضية تهاجمها أو تلتهمها حيوانات تعيش فى التربة soil fauna (عن Whipps ١٩٩٧).

حيوانات التربة	المسببات المرضية التى تُهاجَم أو تُلتَهم
أميبا	*Cochliobolus sativus*
	Fusarium oxysporum
	Fusarium solani
	Gaeumannomyces graminis
	Phytophthora cinammomi
	Thielaviopsis basicola
	Verticillium dahliae
نيماتودا	*Fusarium culmorum*
	Fusarium oxysporum
	Fusarium solani
	Pythium arrhenomanes
	Rhizoctonia solani
حشرات	*Botrytis cinerea*
	Fusarium oxysporum
	Gnomonia leptostyla
	Macrophomina phaseolina
	Pythium ultimum
	Rhizoctonia solani
	Verticillum dalhiae
	Sclerotinia sclerotiorum
ديدان الأرض	*Aspergillus* spp.
	Fusarium oxysporum

الطرق المستخدمة فى معاملات المكافحة الحيوية

معاملات المكافحة الحيوية عن طريق البذور وأعضاء التخزين المستخدمة فى التكاثر

إن أكثر الكائنات الدقيقة المستعملة في المعاملة البيولوجية للبذور هي ما يلي:

Pseudomonas — *Entrobacter*
Erwinia — *Bacillus*
Trichoderma — *Gliocladium*
Streptomyces

وتتأثر كفاءة معاملة البذور بالبكتيريا والفطريات المستخدمة في المكافحة الحيوية بعديد من العوامل منها:

١- pH التربة.
٢- تركيز الحديد بالتربة.
٣- حرارة ورطوبة التربة.
٤- شدة تواجد المسبب المرضى فى التربة.
٥- شدة تواجد الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية على سطح البذور.
٦- المعاملات الأخرى التى تعطاها البذور.

هذا .. مع العلم أنه فى كل من الذرة السكرية وبنجر السكر يجب أن يعلق بسطح كل بذرة حوالى ٧,٥ بليون خلية بكتيرية (*Pseudomonas aureofacies* فى حالة الذرة السكرية و *P. putida* فى حالة بنجر السكر) لكى تكون المعاملة فعّالة ضد الفطر *Pythium ultimum* (Callan وآخرون ١٩٩٧).

ويعطى جدول (٩-٥) قائمة بحالات عوملت فيها البذور وأعضاء التخزين من الأبصال والدرنات بكائنات دقيقة بهدف المكافحة الحيوية للكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة.

جدول (٩–٥): أمثلة لحالات عوملت فيها البذور والأبصال والدرنات بكائنات دقيقة بهدف المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التي تعيش في التربة (Whipps ١٩٩٧)

الكائن المستخدم في المكافحة الحيوية	المسبب المرضي أو المرض	العائل
بكتيريا		
Bacillus cereus UW85	*Phytophthora megasperma* f. *medicaginis*	البرسيم الحجازى
B. subtilis AP183	*Rhizoctomia solani*	الفاصوليا
B. subtilis GB03	*Fusarium oxysporum* f. vasinfectum *Rhizoctonia solani*	القطن
B. subtilis 205	*Rhizoctonia solani*	لفت الزيت
Bradyrhizobium japonicum	*Fusarium* spp. *Macrophomina* *Phaseoli* *Rhizoctonia solani* (Root rot Complex present in soil)	البامية فاصوليا المنج فول الصويا دوار الشمس
Enterobacter cloacae	*Pythium* spp.	الخيار
Pseudomonas spp.	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	القمح
Pseudomonas spp.	*Fusarium oxysporum*	Douglas fir
	Pythium ultimum *Rhizoctonia solani*	القطن
P. aeruginosa S-7	*Fusarium oxysporum* f. sp. *azukicola*	فاصوليا أدزوكى
P. aeruginosa 7NSK2	*Pythium* sp.	الطماطم
P. aureofaciens 30-84 (= *P. chlororaphis* 30-84)	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	القمح
P. aureofaciens AB254 (= *P. fluorescens* AB254)	*Pythium ultimum*	الذرة
P. cepacia AMMD	*Aphanomyces euteiches* f. sp. *pisi*	البسلة
	Pythium spp.	البسلة
P. cepacia B-17	*F. oxysporum* f. sp. *adzukicola*	فاصوليا أدزوكى

تابع جدول (٩-٥).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
P. cepacia J82rif	*Sclerotinia sclerotiorum*	دوار الشمس
P. cepacia N24	*Sslerotium rolfsii*	دوار الشمس
P. cepocia UPR5C (= *Burkholderia cepacia* UPR5C)	*Macrophomina phaseolina*	الفاصوليا
P. chlororaphis 30-84	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	القمح
P. fluorescens (+ *Penicillium* spp.)	*Pyhtium debaryanum* *P. ultimum*	البنجر
P. fliorescens	*P. ultimum, Rhizoctonia solani*	الخيار
	R. solani	لفت الزيت
	Sclerotinia sclertiorum	دوار الشمس
P. fluorescens AB254	*P. ultimum*	الذرة
P. fluorescens Pf-5	*P. ultimum*	الخيار
P. fluorescens PRA25	*Aphanomyces euteiches* f. sp. *pisi*	البسلة
P. fluorescens Q2-87	*G. graminis* var. *tritici*	القمح
P. fluorescens Q292-80	*Pythium* spp.	الحمص
P. fluorescens S-2	*F. oxysporum* f. sp. *adzukicola*	فاصوليا أدزوكى
P. fluorescens 2-79	*G. graminis* var. *tritici*	القمح
P. fluorescens 13-79	*G. graminis* var. *tritici*	القمح
P. putida	*Sclerotinia sclertiorum*	دوار الشمس
P. putida NIR	*Pythium ultimum*	الخيار البسلة فول الصويا
P. putida R104	*Rhizoctonia solani*	القمح
Rhizobium spp.	*Fusarium* spp. *Macrophomina phaseolina* *Rhizoctonia solani* } Root rot complex present in soil	البامية فاصوليا المنج فول الصويا دوار الشمس
Streptomyces sp.	*Macrophomina phoseolina*	فاصوليا المنج دوار الشمس

تابع جدول (٩–٥).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
Streptomyces sp.	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	الطماطم
	Verticillium albo-atrum	
	F. oxysporum f. sp. *phaseoli*	الفاصوليا
Streptomyces flaveus Y-1	*F. oxysporum* f. sp. *adzukicola*	فاصوليا أدزوكى
Streptomyces griseoviridis	*Alternaria brassicicola*	القنبيط
	Damping-off	الفلفل
	F. oxysporum f. sp. *narcissi*	النرجس
الفطريات		
Gliocladium roseum	*Bipolaris sorokiniana*	الشعير
	Fusarium culmorum	القمح
	Fusarium moniliforme	الذرة
G. virens	*Macrophomina phaseolina*	فاصوليا المنج دوار الشمس
	Pythium ultimum	القطن
Idriella bolleyi	*Fusarium culmorum*	القمح
Laetisaria arvalis	*Rhizoctonia solani*	البطاطس
Minimedusa polyspora	*F. oxysporumi* f. sp. *narcissi*	النرجس
Paecilomyces lilacinus	*Macrophomina phaseolina*	فاصوليا المنج دوار الشمس
Penicillium spp. (+ *P. fluorescens*)	*Pythium debaryanum* *P. ultimum*	البنجر
Penicillium oxalicum	*Pythium* spp.	الحمص
Pythium oligandrum	*Aphanomyces cochlioides*	بنجر السكر
	Pythium spp.	الحمص
Rhizoctonia (binucleate)	*Rhizoctomia solani*	الخيار البطاطس
Trichoderma harzianum	*Macrophomina phaseolina*	فاصوليا المنج دوار الشمس
	Pythium spp.	الخيار
T. harzianum 1295-22	*Pythium ultimum*	الخيار

تابع جدول (٩-٥).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
T. viride	*F. oxysporum* f. sp. *sesame* *Rhizoctonia solani*	السمسم

معاملات المكافحة الحيوية عن طريق العقل والجذور

إن من بين الطرق الناجحة المستخدمة في المكافحة الحيوية معاملة العقل cuttings (المستخدمة في التكاثر) والجذور بالكائنات الدقيقة، كما يتضح من الأمثلة المبينة في جدول (٩-٦).

جدول (٩-٦): أمثلة لحالات عوملت فيها العقل **cuttings** (المستخدمة فى التكاثر) والجذور بكائنات دقيقة بهدف المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة (عن **Whipps ١٩٩٧**).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
بكتيريا		
Agrobacterium radiobacter K84, K1026	*Agrobacterium tumefaciens*	الخوخ
Bacillus spp.	*Rhizoctonia solani* *Sclerotium rolfsii*	القطن
Bacillus subtilis EBW4	Replant disease	التفاح
Pseudomonas sp. WCS417r	*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل
Pseudomonas spp.	*Rhizoctania solani*	البونسيتة
	Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici*	الطماطم
	F. oxysporum f. sp. *vasinfectum*	القطن
	Sclerotium rolfsii	الفاصوليا
P. cepacia	*Phytophthora cinnamomi*	البرُوُطية protea
P. cepacia 5.5B	*Rhizoctonia solani*	البونسيتة
P. putida WCS 358r	*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل

تابع جدول (٩–٦).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
P. putida WCS 89B-27	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	الخيار
Serratia marcescens 90-166	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	الخيار
Streptomyces griseoviridis	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل
فطريات		
Fusarium spp.	*F. oxysporum* f. sp. *cyclaminis*	بخور مريم Cyclamen
Fusarium spp. (non-pathogenic)	*F. oxysporum* f. sp. *rdicis-lycopersici*	الطماطم
F. oxysporum (non-pathogenic)	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل
F. oxysporum f. sp. *dianthi*	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	الطماطم
Paecilomyces lilacinus 6.2F	*Rhizoctonia solani*	البونسيتة
Verticillium chlamydosporium	*Phytophthora capsici*	الفلفل

معاملات المكافحة الحيوية عن طريق التربة أو وسط الزراعات

إن من أكثر طرق المعاملة الحيوية استخدامًا معاملة التربة ذاتها أو وسط الزراعة بالكائنات الدقيقة، كما يتضح فى جدول (٩–٧)

جدول (٩–٧): أمثلة لحالات عوملت فيها التربة أو وسط الزراعة بكائنات دقيقة بهدف المكافحة الحيوية للمسببات المرضية التى تعيش فى التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض		العائل
البكتيريا			
Bacillus cereus UW85	*Phytophthora medicaginis*		البرسيم الحجازى
	Phytophthora sojae		فول الصويا
B. subtilis	*Fusarium solani* f. sp. *Phaseolina* *Pythium ultimum* *Rhizoctonia solani*	Root rot Complex present in soil	الفاصوليا

تابع جدول (٩-٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
B. subtilis spp.	*Phytophthora cactorum*	التفاح
B. subtilis EBW4	Apple replant disease	التفاح
Bradyrhizobium japonicum	*Fusarium* spp. *Macrophomina phaseolina* *Rhizoctonia solani* } Root rot complex present in soil	فاصوليا المنج، الباميا، فول الصويا، دوار الشمس
Enterobacter agglomerans	*Rhizoctonia solani*	القطن
Enterobacter aerogenes B8	*Phytophthora cactorum*	التفاح
E. cloacae	*Pythium ultimum*	الخس
E. cloacae	*Sclerotinia homoeocarpa*	Creeping bentgrass
Pseudomonas spp.	*Pythium aphanidermatum*	الخيار
	Pythium ultimum	القطن
	Rhizoctonia solani	القطن
Pseudomonas aureofaciens PA147-2	*Phythophthora megasperma*	الأسبرجس
Pseudomonas cepacia	*Phythophthora cinnamomi*	البرُوُطية
	Pythium ultimum	الخيار
	Rhizoctonia solani	القطن
	Sclerotium rolfsii	الفاصوليا
P. cepacia 89 G-120	*Rhizoctonia solani*	القطن
Pseudomonas corrugate	*Pythium aphanidematum*	الخيار
P. corrugate 2140	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	القمح
Pseudomonas fluorescens	*Pythium ophanidematum*	الخيار

تابع جدول (٩-٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
P. fluorescens CHA0	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	الخيار
	G. graninis var. *tritici*	القمح
	Phomopsis sclerotioides	الخيار
	Pythium ultimum	الكرسون
B. subtilis spp.	*Phytophthora cactorum*	التفاح
		الخيار
		الذرة
		القمح
	Rhizoctonia solani	الذرة
	Thielaviopsis basicola	التبغ
P. fluorescens CH33	*Pythium aphanidermatum*	الخيار
P. fluorescens M24	*Phytophthora cinnamomi*	الجكراندا
P. fluorescens WCS417r	*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل
	F. oxysporum f. sp. *raphani*	الفجل
Pseudomonas putida WCS358	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	القرنفل
Rhizobium spp.	*Fusarium* spp. *Macrophomina Phaseolina* *Rhizoctonia solani* } Root rot complex present in soil	فاصوليا المنج البامية فول الصويا دوار الشمس
Streptomyces griseovirdis	Damping-off	الفلفل
الفطريات		
Choetomium globosum	*Sclerotium cepivorum*	البصل
Chaetomium flobosum Cg-13	*Pythium ultimum*	بنجر السكر

تابع جدول (٩-٧).

العائل	المسبب المرضى أو المرض	الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية
الباذنجان	*Rhizoctonia solani*	*Cladorrhinum foecundissimum*
الفلفل		
بنجر السكر		
الجزر	*Sclerotinia sclerotiorum*	*Coniothyrium minitans*
الخس		
دوار الشمس	*Sclerotinia sclerotiorum*	*Coniothyrium minitans* (± *Talaromyces flavus)*
Creeping bentgrass	*Scleratinia homoeocapra*	*Fusarium heterosporum*
التفاح	*Phytophthora cactorum*	*B. subtilis* spp.
الخيار	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	*Fusarium oxysporum* (non-pathogenic)
القرنفل	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	*F. oxysporum* Fo47 (non-pathogenic)
البسلة	*F. solani*	
الكتان	*F. oxysporum* f. sp. *lini*	(± *Pseudomonas* spp.)
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*	(± *Pseudomonas* C7)
القرنفل	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	(± *Pseudomonas* WCS358)
الطماطم	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	*F. oxysporum* MT0062 (non pathogenic)
الباذنجان	*Verticillium dahliae*	
القرنفل	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	*F. oxysporum* 618-12 (non-pathogenic)
البسلة	*F. solani*	
البطيخ	*F. oxysporum* f. sp. *niveum*	*F. oxysporum* f. sp. *niveum* (non-pathogenic)

تابع جدول (٩-٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
Gaeumannomyces graminis var. *graminis*	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	القمح
G. graminis var. *graminis* (± *Pseudomonas* spp.)	*G. graminis* var. *tritici*	القمح
Gliocladium roseum	*Verticillium dahliae*	
Gliocladium virens	*Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* (Root rot complex present in soil)	الفاصوليا
G. virens	*Phytophthora cactorum*	التفاح
	Rhizoctonia solani	التفاح الجزر
G. virens GL-3	*Sclerotium rolfsii*	الفاصوليا
G. virens GL-21	*Rhizoctonia solani*	الزينية الجزر
G. virens G2	*Pythium ultimum*	الخيار
G. virens G-6	*Rhizoctonia solani*	القطن
G. virens G20(=GL21)	*Pythium ultimum*	الخس الزينية
Glomus sp.	*Phytophthora cinnamomi*	الأناناس
Glomus fasciculatum	*Fusarium moniliforme*	الهيل (الحبهان)
G. intraradices	*Pythium ultimum*	القطيفة
G. mosseae	*Pythium ultimum*	القطيفة
Laccaria bicolor	*Fusarium oxysporum*	تنوب دوجلاس
Laetisaria arvalis	*Rhizoctonia solani*	القطن الخس الفجل بنجر السكر
Limonomyces roseipellis	*Pyrenophora tritici-repentis*	

تابع جدول (٩-٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
Paxillus involutus	*Fusarium moniliforme* *Fusarium oxysporum*	*Pinus resinosa*
Penicillium funiculosum	*Phytophthora* spp.	الآزلية البرتقال الحلو
Penicillium oxalicum	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*	الطماطم
Phialophora sp.	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*	القمح
Phytophthora parasitica var. *nicotianae*	*Phytophthora parasitica*	*Cathoranthus roseus*
Pythium acanthicum	*Rhizoctonia solani*	الجزر
Pythium nunn	*Phytophthora* spp.	الآزالية البرتقال الحلو
B. subtilis spp.	*Phytophthora cactorum*	التفاح
Pythium nunn (± *Trichoderma harzianum* T-95)	*Pythium ultimum*	الخيار
Pythium oligandrum	*Pythium ultimum*	الكرسون
Rhizoctonia (*binucleate*)	*Rhizoctonia solani*	الفلفل الخيار البطاطس
Sporidesmium sclerotivorum	*Sclerotinia minor*	الخس
Talaromyces flavus	*Verticillium dahliae*	الباذنجان
Talaromyces flavus (± *Coniothyrium minitans*)	*Sclerotinia sclerotiorum*	دوار الشمس
Talaromyces flavus Tf-1	*Verticillium dohliae*	الباذنجان
Trichoderma sp. C62	*Sclerotium cepivorum*	البصل
Trichoderma spp.	*G. graminis* var. *tritici*	القمح
	Phytophthora cactorum	التفاح
	Phytophthora cryptogea	الجربارة

تابع جدول (٩-٧).

الكائن المستخدم فى المكافحة الحيوية	المسبب المرضى أو المرض	العائل
	Pythium ultimum	الخيار
	Rhizoctonia solani	الخس
Trichoderma hamatum	*Rhizoctonia solani*	الفجل
Trichoderma harianum	*Fusarium graminearum*	
	Glomerella glycines	
	Macrophomina phaseolina	
Trichoderma hariamum	*Pythium ultimum*	الخس
T. harzianum MTR 35	*F. oxysporum* f. sp. *radicis*-lycopersici	الطماطم
T. harzianum ThzIDI	*Sclerotinia sclerotiorum*	
T. harzionum T-95 (± *Pythium nunn*)	*Pythium ultimum*	الخيار
Trichoderna koningii	*Sclerotium rolfsii*	الطماطم
	Sclerotinia sclerotiorum	
Typhula phacorrhiza	*Typhula ishikariensis*, *Typhula incarnata* — Both pathogens present	
Verticillium biguttatum	*Rhizoctonia solani*	البطاطس

صلاحية مختلف كائنات المكافحة الحيوية لمختلف طرق المعاملة

يتبين من جدول (٩-٥)، و (٩-٦)، و (٩-٧) عددًا من الأمور، كما يلى:

١- تعد البكتيريا *Pseudomonas* spp. أكثر الأنواع البكتيرية انتشارًا أيًّا كانت طريقة استعمالها.

٢- يتكرر كذلك ذكر عزلات من كل من *Bacillus* spp.، و *Entrobacter* spp.، و *Streptomyces* spp. ولكن بدرجة أقل، كما لم تنجح المعاملة بـ *Entrobacter* spp. – مباشرة – للجذور أو العقل.

٣- ذُكر عدد آخر كبير من الأنواع البكتيرية، ولكن بصورة غير متكررة.

٤- تُعدُّ معاملة البذور أفضل طريقة للمعاملة بالبكتيريا، بينما تعد معاملة التربة، وبيئة الزراعة، والجذور، والعقل أفضل طريقة للمعاملة بالفطريات.

٥- تُعد أكثر الفطريات نجاحًا: *Gliocladium* spp.، و *Trichoderma* spp. وهما اللذان تعامل بهما البذور والتربة وبيئات الزراعة.

٦- كثيرًا ما استعملت عزلات الفيوزاريم غير المرضة فى معاملة التربة وبيئات الزراعة والجذور والعقل، ولكن لا تعامل بها البذور.

٧- كذلك ينجح استعمال أنواع من جنس الميكوريزا *Glomus* حيث تُعامل به التربة أو بيئات الزراعة (Whipps ١٩٩٧).

التحضيرات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للأمراض

إن التحضيرات التجارية المستخدمة فى المكافحة الحيوية للأمراض كثيرة ومتنوعة، ولقد أسلفنا الإشارة إلى عديد من تلك التحضيرات خلال استعراضنا للكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية فى هذا الفصل. ونقدم فى جدول (٩-٨) بيانًا بالمنتجات التجارية المستخدمة فى المكافحة الحيوية والتى تحتوى على بكتيريا من الجنس *Bacillus*، وخاصة *B. subtilis*. وجدير بالذكر أن المنتج التجارى كودياك Kodiak الذى يحتوى على البكتيريا *B. subitils* يستخدم فى نحو ٦٠٪-٧٥٪ من مساحة القطن فى الولايات المتحدة (إحصائيات ١٩٩٧)، للوقاية من الإصابة بكل من الفيوزاريم والرايزكتونيا (Zehnder وآخرون ٢٠٠١).

جدول (٩-٨): أمثلة لبعض المنتجات التجارية المستخدمة في المكافحة الحيوية وتحتوى على البكتيريا *Bacillus* spp. (عن Schisler وآخرين ٢٠٠٤).

المنتج التجاري	الشركة المنتجة	محتواه من *Bacillus*	الصورة التي يتوفر عليها	المستهدف بالمكافحة
Serenade	AgraQuest, Davis, CA	*B. subtilis* QST ٧١٣	مسحوق قابل للبلل ومعلق مائي	فطريات وبكتيريا على عديد من الخضر والفاكهة
EcoGuard	Novozymes, Salem VA	*B. licheniformis* SB٣٠٨٦	معلق مركز	*Sclerotinia homoeocarpa* على المسطحات الخضراء
Kodiak	Gustafson, Plano, TX	*B. subyilis* GB٠٣	مسحوق قابل للبلل مركز، ومعلق مركز	فطريات على القطن والبقول ذات البذور الكبيرة وفول الصويا
Yield Shield	Gustafson	*B. pumillus* GB٣٤	مسحوق قابل للبلل مركز	فطريات على فول الصويا
Bio Yield	Gustafson	*B. amyloliquefaciens* GB٩٩ + *B. subtilis* GB١٢٢	قشور جافة	فطريات على النباتات الكثرة خضريًا بالعقل في المشاتل
Subtilex	Beker Underwood, Ames, IA	*B. subtilis* MB١٦٠٠	مسحوق قابلل للبل مركز	فطريات على القطن والبقول ذات البذور الكبيرة وفول الصويا
Hi Stick L + Subtilex	Beker Underwood	*B. Subtilis* MB١٦٠٠ + Rhizobium	معلق مركز	فطريات على فول الصويا والفول السوداني

ومن بين المنتجات التجارية الأخرى المستخدمة في المكافحة الحيوية ما يلي (عن Ristaino & Thomas ١٩٩٧):

الكائن الدقيق والمنتج التجارى	المحصول والمسبب المرضى المستهدف -
Agrobacterium radiobacter: GallTrol-A	التثألل التاجى الذى تسببه البكتيريا *A. tumefaciens* بأشجار الفاكهة والفجل وبشتلات نباتات الزينة
Bacillus sutilis MBI600: Epic-Gus 376 Concentrate Biological Fungicide	معاملة بذور الذرة والقطن والخضر البقولية والفول السودانى وفول الصويا والقمح والشعير لأجل مكافحة كل من النطريات *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium* spp.، و *Alternaria* spp.، و *Aspergillus* spp.
Candida oleophila I-182: Aspire	مكافحة كلا من *Botrytis* spp.، و *Penicillium* spp. بثمار الحمضيات والتفاحيات
Gilocladium virens GL-21: Soil Gard	مكافحة الـ *Pythium*، و *Rhizoctonia* فى مخاليط الزراعات المحمية اللاأرضية، كما يفيد كذلك فى مكافحة *Selerotium rolfsii* تحت ظروف الحقل.
Myrothecium verrucaria: DiTerra	مكافحة النيماتودا بمختلف أجناسها (*Meloidogyne*، و *Heterodera*، و *Globodera*، و *Pratylenchus*، و *Tylenchulus semipenetrans*، و Xiplinema وغيرهما) فى جميع المحاصيل الحقلية والبستانية
Pseudomonas fluorescens EG-1053 Dagger	مكافحة البثيم والرايزكتونيا فى القطن
Pseudomonas fluorescens NCIB 12089 Victus	مكافحة التلطخ البكتيرى فى عيش الغرب الذى تسببه البكتيريا *Pseudomonas tolaasii*، وذلك بمعاملة الكمبوست بمراقد الزراعة.
Burkholderi (*Pseudomonas*) *cepaci type* Wisconsin: Deny (Blue Cirde: سابقاً) SM PcpWi	مكافحة الرايزكتونيا والبثيم والفيوزاريم ونيماتودا التقرح والحلزونية spiral، والرمحية Lance فى البرسيم الحجازى والفاصوليا ولفت الزيت والجزر والثوم والصليبيات والذرة والقطن والحبوب والخس والكنتالوب والبطاطس والكوسة وبنجر السكر ودوار الشمس والذرة الرفيعة وفول الصويا والطماطم .
Pseudomonas syringoe: ECC-10. ESC-11 Bio-Save 10 Bio-Save 11	مكافحة *Pencillium expansum*، و *P. italicum*، و *P. digitatum*، و *Botrytis cinerea*، و *Mucor pyriformis*، و *Geotrichum candidum* بالتفاح والليمون الحلو والجريب فورت والكمثرى والبرتقال أثناء التخزين.

الكائن الدقيق والمنتج التجارى	المحصول والمسبب المرضى المستهدف
Streptomyces griseoviridis K61: Mycostap	مكافحة الفطريات *Fusarium*، و *Alternaria*، و *Botrytis*، و *Phomopsis*، و *Pythium*، و *Pytophthora* فى المحاصيل الحقلية والخضر ونباتات الزينة تحت ظروف الحقل والزراعات المحمية.
Trichoderma harzianum T-22 (KRL-AG2): Rootshield Biotrek (F-Stop: سابقًا)	لكافحة الفطريات *Pythium*، و *Rhizoctonia solani*، و *Fusarium*، و *Sclerotinia homoeocarpa* فى الفاصوليا والكرنب والذرة والقطن والخيار ونباتات الزينة فى الزراعات المحمية، والفول السودانى والبطاطس والذرة الرفيعة وفول الصويا وبنجر السكر والطماطم والمسطحات الخضراء.

ويتوفر الفطر *Trichoderma harzianum* فى المنتج التجارى Tricodex على صورة مسحوق قابل للبلل، ويستخدم فى مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* فى الفراولة.

كذلك نقدم فى جدول (٩-٩) قائمة مفصلة ببعض المنتجات التجارية المتاحة للاستعمال فى المكافحة الحيوية للأمراض الفطرية والنيماتودية.

نوعيات المقاومة المستحثة بيولوجيًا

إن المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات يمكن أن تحدث بفعل عوامل حيوية أو غير حيوية، ومن أهم المستحثات الحيوية المسببات المرضية المحدثة للتحلل necrotizing pathogens، والكائنات الدقيقة غير المرضة non-pathogens، وبكتيريا المحيط الجذرى التى تستعمر الجذور.

فعند الإصابة بالفطريات التى تؤدى إلى موت وتحلل الخلايا فى موضع الإصابة (الإصابة بالـ necrotizing pathogens) تطور كثير من النباتات مقاومة ضد مجال واسع من المسببات المرضية فى أجزاء أخرى منها لم تتعرض أصلاً للإصابة. يعتمد هذا النوع من المقاومة على تراكم حامض السلسيلك، ويعرف باسم المقاومة الجهازية المكتسبة systemic acquired resistance.

جدول (٩-٩): بعض المنتجات التجارية المتاحة للاستعمال فى المكافحة الحيوية للأمراض الفطرية والنيماتودية (عن Navi & Bandyopadhyay ٢٠٠٢).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
AQ١٠	*Ampelomcyes quisqualis isolate* M-١٠	البياض الدقيقى	التفاح – القرعيات – العنب – نباتات الزينة – الفراولة – الطماطم	حبيبى	الرش
Bio-Fungus (formerly Anti-Fungus)	*Trichoderma* spp.	*Sclerotinia*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Fusarium*, *Verticillium*	الزهور – الفراولة – الأشجار – الخضر	حبيبى	يضاف للتربة بعد تبخيرها رشًا على السطح أو حقنًا فيها
Aspire	*Candida oleophila* I-١٨٢	*Botrytis* spp, *Penicillum* spp.	الموالح – التفاحيات	حبيبى	معاملات بعد الحصاد للثمار بالغمر أو الرش
Binab T	*Trichodema horzianum* (ATCC ٢٠٤٧٦) and *Trichoderma polysporum* (ATCC ٢٠٤٧٥)	فطريات ممرضة تسبب الذبول وأعفان الجذور	الزهور – الفاكهة – نباتات الزينة – الخضر	حبيبى	الرش – الخلط مع بيئة الزراعة – الخلط مع الماء ودهان جروح الأشجار
Biofox C	*Fusarium oxysporum* (غير ممرض)	*Fusarium oxysporum*, *Fusarium moniliforme*	الريحان – القرنفل – بخور مريم – الطماطم	دقيقى	معاملة البذور أو الخلط بالتربة
Contans	*Coniothyrium minitans*	*Sclerotinia sclerotiorum* and *Sclerotinia minor*	لفت الزيت – دوار الشمس – الفول السودانى – الخضر (الخس – الفاصوليا – الطماطم)	حبيبى	الرش

تابع جدول (٩-٩).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
Fusaclean	*Fusarium oxysporum* (غير معرض)	*Fusarium oxysporum*	الأسبرجس – الريحان – بخور مريم – الجربارة – الطماطم	جراثيم (حبيبات دقيقة)	بالتنقيط للصوف الصخرى – الخلط مع بيئة الزراعة – معاملة خطوط الزراعة
Koni	*Coniothyrium minitans*	*Sclerotinia sclerotiorum* and *S. minor*	الخيار – الطماطم – الفلفل – الخس – الزهور ونباتات الزينة فى البيوت المحمية	حبيبى	الخلط مع بيئة الزراعة أو التربة
Paecil (also known as Bioact)	*Paecilomyces lilacinus*	عدة أنواع نيماتودية	الموز – الطماطم – قصب السكر – الأناناس – الموالح – القمح – البطاطس، وغيرهم.	جراثيم جافة	رى الشتلات أو التربة
Polyversum (formerly Polygandron)	*Pythium oligandrum*	*Pythium* spp., *Fusarium* spp., *Botrytis* spp., *Phytophthora* spp., *Aphanomyces* spp., *Alternaria* spp., *Tilletia caries*, *Pseudocercosporella herpotrichoides*, *Gaeumannomyces graminis*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium cepivorum*	الخضروات والفاكهة والحبوب ولفت الزيت ونباتات الزينة	مسحوق قابل للبلل	رى التربة أو رش النموات الخضرية

تابع جدول (٩-٩).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
Primastop	*Gliocladium catenulatum*	*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Botrytis* spp., *Didymella* ssp.	نباتات البيوت المحمية	مسحوق قابل للبلل	رى التربة أو خلطه بها
Protus WG	*Talaromyces flavus*, *isolate V١١٧b*	*Verticillium dahliae*, *Verticillum albo-atrum*, and *Rhizoctonia solani*	الطماطم – الخيار – الفراولة – لفت الزيت.	جراثيم أسكية على صورة مسحوق	معاملة التربة أو البذور أو غمس الجذور
Root Pro	*Trichoderma harzianum*	*Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Fusarium* spp., and *Sclerotium rolfsii*	الخضر والزهور	جراثيم فطرية مخلوطة مع البيت ومادة عضوية	الخلط مع بيئة الزراعة قبل الزراعة أو الشتل
RootShield T-٢٢G, T-٢٢ Planter Box (also sold as Bio-Trek)	*Trichoderma harzianum* Rifai strain KRL-AG١ (T-٢٢)	*Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* spp., and *Sclerotinia homeocarpa*	شتلات الأشجار والشجيرات – نباتات الزينة – الخضر – المحاصيل الحقلية – المسطحات الخضراء – الزراعات المحمية	حبيبى أو مسحوق	الإضافة لخط الزراعة – الخلط مع التربة أو بيئة الزراعة – النشر على المسطحات الخضراء – الخلط بالبذور – الإضافة للتربة مع الماء
Rotstop, P.g. Suspension	*Phlebia gigantea*	*Heterobasidion annosum*	الأشجار	جراثيم فى مسحوق خامل	الرش

تابع جدول (٩–٩).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
SoilGard (formerly GlioGard)	*Gliocladium virens* GL–٢١	فطريات الذبول الطرى وأعفان الجذور خاصة *Rhizoctonia solani*، و *Pythium* spp.	نباتات الزينة – محاصيل الحقل – الزراعات المحمية – المشاتل	حبيبى	الإضافة للتربة أو بيئة الزراعة قبل وضع البذور
Supresivit	*Trichoderma harzianum*	عدة فطريات			
Trieco	*Trichoderma viride*	*Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp. أعفان الجذور والبادرات – عفن الرقبة – العفن الأحمر – الذبول الطرى – ذبول فيوزاريم	الخضر – الفاكهة – نباتات الزينة ونباتات المشروبات والتوابل – المحاصيل الحقلية	مسحوق	معاملة البذور أو الدرنات أو الشتلات بالغمس أو بالنثر على سطح التربة أو مع ماء الرى
Trichodex	*Trichoderma harzianum*	*Botrytis cinerea*, *Collectotrichum* spp., *Fulvia fulva*, *Monilinia laxa*, *Plosmopara viticola*, *Pseudoperonospora cubensis*, *Rhizopus stolonifer*, *Sclerotinia sclerotiorum*	الخضر – الفاكهة – المحاصيل الحقلية	مسحوق قابل للبلل	الرش

تابع جدول (٩-٩).

المبيد الفطرى الحيوى	الكائن الدقيق	المرض أو المسبب المرضى المستهدف	المحصول	طبيعة المبيد	طريقة المعاملة
Trichopel, Trichoject, Trichodowels, Trichoseal	*Trichoderma harzianum* and *T. viride*	*Armillaria, Botryosphaeria, Chondrosternum, Fusarium, Nectria, Phytophthora, Pythium, Rhizoctonia*			
Trichoderma ٢٠٠٠ (formerly "TY")	*Trichoderma* sp.	*Rhizoctonia solani, Sclerotium rolfsii, Pythium* spp., *Fusarium* spp.	المشاتل – المحاصيل الحقلية		يضاف للتربة أو بيئات الزراعة

ويعرف نوع آخر من المقاومة الجهازية المستحثة فى النباتات يحدث عند عدواها بسلالات معينة من بكتيريا المحيط الجذرى غير المرضة والمحفزة للنمو النباتى nonpathogenic rhizobacteria، يعرف باسم المقاومة الجهازية المستحثة induced systemic resistance. وهذا النوع الأخير من المقاومة الجهازية لا يتطلب لحدوثه حامض السلسيلك، ولكنه يعتمد على استجابات لكل من الهرمونين النباتيين: حامض الجاسمونك والإثيلين.

وتختلف المقاومة المستحثة المحلية localized induced resistance عن تلك المستحثة الجهازية systemic induced resistance فى أن الأولى تبقى فيها المقاومة المستحثة محدودة فى موقع الإصابة كما فى حالة فرط الحساسية ضد فيرس موزايك التبغ فى التبغ، حيث يُعبَّر عن المقاومة المحلية المكتسبة فى حلقة من الخلايا تحيط بالبقعة التى يحدث فيها تفاعل فرط الحساسية. ويعد حامض السلسيلك ضروريًّا لحث المقاومة المحلية، كما هو ضرورى لحث المقاومة الجهازية (Hammerschmidt وآخرون ٢٠٠١).

وتستحث بعض سلالات بكتيريا المحيط الجذرى تطوير مقاومة جهازية فى النباتات تعرف باسم rhizobacteria-mediated induced systemic resistance (اختصارًا: ISR) مماثلة لتلك التى تستحثها المسببات المرضية والتى تعرف باسم pathogen-induced systemic acquired resistance (اختصارًا: SAR).

وقد وجد أن كلا من الـ ISR والـ SAR يعملان مستقلين عن بعضهما البعض؛ الأمر الذى يمكن الاستفادة منه فى زيادة مستوى المقاومة النباتية ومداها (Pieterse وآخرون ٢٠٠١).

إن المقاومة الجهازية المستحثة لا تُخلق من العدم، فالنباتات تكون لديها القدرة على تطوير تلك المقاومة، ولكنها لا تظهر إلا عندما تُستحث على ذلك بمركب كيميائى، أو بكائن دقيق غير ممرض، أو بسلالة غير ممرضة من مسبب مرضى، أو بسلالة ممرضة من مسبب مرضى ولكن فى وجود تفاعل غير متوافق مع العائل، أو حتى بسلالة ممرضة

من مسبب مرضى وفى وجود تفاعل متوافق مع العائل ولكن عند توفر ظروف بيئية غير مناسبة لتطور المرض.

لكن لا يشترط أن تكون المقاومة المستحثة جهازية، فهى قد تكون كذلك موضّعية، والفرق بينهما أن الأخيرة تنقصها إشارة نقل المقاومة فى صورة جهازية (Van Loon وآخرون ١٩٩٨).

الكائنات المحدثة للمقاومة الجهازية المستحثة بيولوجيًّا

إن مستحثات المقاومة الجهازية فى النباتات تتباين كثيرًا من الفيروسات إلى آكلات الأعشاب، مرورًا بعديد من الأنواع الفطرية البكتيرية، وخاصة بكتيريا المحيط الجذرى. ولقد أسلفنا الإشارة إلى عشرات الأنواع من الكائنات الدقيقة الفطرية والبكتيرية المستخدمة فى المكافحة الحيوية، وجلها يستحث تطوير مقاومة جهازية فى النباتات.

ويعطى جدول (٩-١٠) قائمة بأمثلة لكائنات دقيقة أحدثت المعاملة بها حماية أو مقاومة جهازية مستحثة ضد مسببات مرضية معينة تعيش فى التربة.

وتشكل بكتيريا المحيط الجذرى أحد أهم فئات الكائنات الدقيقة الحاثة لتطوير تكوين المقاومة الجهازية فى النباتات، ويعطى جدول (٩-١١) عديدًا من الأمثلة على ذلك.

جدول (٩–١٠): أمثلة لكائنات دقيقة أحدثت المعاملة بها حماية أو مقاومة جهازية مستحثة ضد مسببات مرضية معينة تعيش فى التربة (عن Whipps ١٩٩٧).

النبات	الميكروب المعامل به	المسبب المرضى المقاوم	الحالات التى تأكدت فيها المقاومة الجهازية المستحثة
القرنفل	Non-or-less-pathogenic *Fusarium oxysporum*	*Fusarium oxysporum* f. sp. dianthi	—
	Pseudomonas sp. WCS٤١٧r	*F. oxysporum* f. sp. *dianthi*	✓
الحمص	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum*	*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*	✓
الخيار	*Colletotrichum orbiculare*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	Non-pathogenic *fusarium oxysporum*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	F. oxysporum f. sp. *niveum*	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	Pseudomonas spp.	*Pythium aphanidermatum*	✓
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
	Tabacco necrosis virus	*F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	✓
الباذنجان	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* MT٠٠٦٤	*Verticillium dahliae*	—
النعناع	*Verticillium nigrescens*	*V. dahliae*	—
البسلة	Non-pathogenic *Fusarium oxysporum*	*Fusarium solani*	—
الفجل	*Pseudomonas* sp. WCS٣٧٤	*F. oxysporum* f. sp. *raphani*	✓
	Pseudomonas sp. WCS٤١٧r	*F. oxysporum* f. sp. *raphani*	✓
البطاطا	Non-pathogenic *F. oxysporum*	*F. oxysporum* f. sp. *batatas*	✓
الطماطم	Avirulent *Fusarium* spp.	*F. oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*	—
	Avirulent *Verticillium albo-otrum*	*Verticillium dahliae*	—
	F. oxysporum f. sp. *dianthi*	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	✓
	Non-pathogenic *F. oxysporum* MT٠٠٦٤	*F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*	—
البطيخ	Avirulent *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum*	*F. oxysporum* f. sp. *niveum*	—
	Avirulent *F. oxysporum* f. sp. *Niveum*	*F. oxysporum* f. sp. *niveum*	—
	Helminthosporium carbonum	*F. oxysporum*	—

جدول (٩-١١): بعض أنواع سلالات بكتريا المحيط الجذرى والأمراض والمسببات المرضية التى أحدثت مقاومة جهازية ضدها فى أنواع نباتية معنية (عن Van Loon وآخرين ١٩٩٨).

النوع المحصولى	السلالة والنوع البكتيرى	المسبب المرضى أو الآفة المقاومة	المرض المقاوم
Arabidopsis	*Pseudomonas fluorescens* WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
		Pseudomonas syringae pv. *tomato*	Bacterial speck
		Peronospora parasitica	Downy mildew
	Pseudomonas putida WCS٣٥٨	*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
		Pseudomonas syringae pv. *tomato*	Bacterial speck
الفاصوليا	*Pseudomonas aeruginosa* ٧NSK٢	*Botrytis cinerea*	Gray mold
		Colletotrichum lindemuthianum	Anthracnose
القرنفل	*Pseudomonas fluorescens* S٩٧	*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*	Halo blight
الخيار	*Pseudomonas fluorescens* WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*	Vascular wilt
	Pseudomonas aureofaciens ٢٥-٣٢	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas aureofaciens ١٨-٩	*Colletotrichum orbiculore*	Anthracnose
	Pseudomonas aureofaciens ٢٦-٥	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas corrugate ١٣	*Pythium aphanidermatum*	Crown rot
	Pseudomonas fluorescens C١٥	*Pythium aphanidermatum*	Crown rot
	Pseudomonos fluorescens G٨-٤	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas putida ٢٤-١٣	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudanonas putida ٨٩B-٢٧	*Acalymna vittatum*	Herbivory
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*Diabrotica undecimpunctata*	Herbivory
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*Erwinia tracheiphila*	Bacterial wilt

تابع جدول (٩–١١).

النوع المحصولى	السلالة والنوع البكتيرى	المسبب المرضى أو الآفة المقاومة	المرض المقاوم
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lachrymans*	Angular leaf spot
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerium*	Vascular wilt
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	*Acalymna vittatum*	Herbivory
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	*Diabrotica undecimpunctata*	Herbivory
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	*Erwinia tracheiphila*	Bacterial wilt
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lachrymans*	Angular leaf spot
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerium*	Vascular wilt
	Serratia plymuthica ٢-٦٧	*Colletotrichum orbiculare*	Anthracnose
الفجل	*Pseudomonas fluorescens* WCS٣٧٤	*Fusarium oxysporum* f. sp. *raphani*	Vascular wilt
	Pseudomonas fluorescens WCS٤١٧	*Alternaria brassicicola*	Necrotic lesions
	Pseudomonas fluorescens WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum*	Necrotic lesions
	Pseudomonas fluorescens WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *rophani*	Vascular wilt
	Pseudomonas fluorescens WCS٤١٧	*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*	Necrotic lesions
التبغ	*Pseudomonas fluorescens* ٧NSK٢	Tobacco mosaic virus	Necrotic lesions
	Pseudomonas fluorescens CHAO	*Thielaviopsis basicola*	Black root rot
	Pseudomonas fluorescens CHAO	Tobacco mosaic virus	Necrotic lesions
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*	Wildfire
الطماطم	*Pseudomonas fluorescens* WCS٤١٧	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*	Vascular wilt
	Pseudomonas putida ٨٩B-٢٧	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic
	Serratia marcescens ٩٠-١٦٦	Cucumber mosaic virus	Systemic mosaic

الفصل العاشر

المكافحة الحيوية للحشرات والاكاروسات والقواقع

يكون الغرض من المكافحة الحيوية (أو البيولوجية) Biological Control هو التخلص من الآفة في كل من بيئة الزراعة والنبات المصاب معًا. ومن أهم مميزاتها ما يلي:

١- لا تؤدى إلى قتل الأعداء الطبيعية للآفات كما يحدث عند استعمال المبيدات.

٢- لا تترك أثرًا ضارًا بالإنسان على الأجزاء النباتية المستعملة فى الغذاء.

٣- لا تؤدى إلى تلوث البيئة كما يحدث عند استعمال المبيدات فى المكافحة.

لكن يعيب المكافحة الحيوية أنها لا يمكن أن تؤدى إلى التخلص نهائيًا من الآفة المراد مكافحتها؛ نظرًا لأنه يوجد دائمًا توازن بين الآفة والطفيل الذى يتطفل عليها، والذى يستخدم فى مكافحتها.

أنواع الكائنات الحية المستخدمة فى المكافحة الحيوية

يستخدم فى المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات والنيماتودا نوعيات مختلفة من الكائنات تصنف كما يلي:

١- المفترسات predators: مثل حشرة أبو العيد والعناكب، وهى تفترس الحشرات التى تتغذى عليها بالكامل، وتكون قليلة التخصص غالبًا.

٢- المتطفلات parasitoids: مثل الزنابير والذباب، وهى تضع بيضها على الحشرات التى تتطفل عليها، أو فيها، وعندما يفقس البيض فإن اليرقات تتغذى على الضحية حتى تقتلها، وتكون المتطفلات أكثر تخصصًا.

٣- المسببات المرضية entomopathogens: وهى كائنات دقيقة تهاجم الحشرات ومنها بكتيريا، وفطريات، وفيروسات، ونيماتودا.

تعرف عملية الإكثار التجارى للمفترسات والمتطفلات والـ entomopathogens باسم

augmentation، ولقد أصبح من المألوف طلب تلك الأعداء الطبيعية بالبريد فى عديد من الدول.

مزايا وعيوب المكافحة الحيوية باستعمال المسببات المرضية للآفات

مزايا الكائنات الدقيقة المستعملة فى المكافحة الحيوية للحشرات

تتميز المكافحة الحيوية للحشرات باستعمال الكائنات الدقيقة بما يلى:

١- لا تكون تلك الكائنات سامة للحياة البرية، والإنسان، والكائنات الأخرى التى ليست قريبة الصلة بالحشرات المستهدفة، كما لا تتطفل عليها، ويعد الأمان الذى يوفره استعمال تلك الكائنات الدقيقة فى المكافحة أهم سماتها ومميزاتها.

٢- تكون تلك الكائنات — غالبًا — سامة فقط لمجموعة واحدة وأنواع متقاربة من الحشرات؛ وبذا .. فإنها لا تؤثر بصورة مباشرة على الحشرات المفيدة (بما فيها المفترسات والمتطفلات الحشرية) التى تتواجد فى المنطقة المعاملة.

٣- يمكن استعمالها مع الحصاد فى نفس اليوم.

٤- يمكن لبعض تلك الكائنات أن تتوطن فى العشائر الحشرية المتواجدة فى منطقة المعاملة لتوفير مكافحة مستمرة للحشرات فى أجيالها التالية أو فى المواسم التالية.

عيوب استعمال الكائنات الدقيقة فى المكافحة الحيوية للحشرات

يُعاب على المكافحة الحيوية للحشرات باستعمال الكائنات الدقيقة ما يلى:

١- تعد الكائنات الدقيقة متخصصة على مجموعة متقاربة من الأنواع الحشرية ولا تؤثر على غيرها. وعلى الرغم من أن المبيدات الحشرية لا تؤثر – كذلك — على الحشرات، إلا أن تخصصها ليس بشدة تخصص الكائنات الميكروبية.

٢- تتأثر مختلف الأنواع الميكروبية بالحرارة، والفقد الرطوبى منها، والتعرض للأشعة فوق البنفسجية؛ مما يقلل كفاءتها ما لم يتم تخير الوقت المناسب للمعاملة.

٣- تحتاج الكائنات الدقيقة المستعملة فى المكافحة الحشرية إلى ظروف تخزينية محددة لكى لا تفقد حيوتها.

٤- نظرًا لتخصص تلك الكائنات الميكروبية على مجموعات حشرية محدودة، فإن توزيعها — كذلك — يكون محدودًا، الأمر الذى قد لا يغطى تكاليف تطويرها وتسجيلها وإنتاجها على نطاق تجارى (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

متطلبات نجاح المكافحة الحيوية

إن من أهم الأمور التى يتعين أخذها فى الحسبان عند تطبيق مبدأ المكافحة البيولوجية ما يلى:

أولاً: بالنسبة لاستعمال المفترسات والمتطفلات الحشرية والحيوانية

١- يستلزم اتباع هذه الطريقة — غالبًا — وقتًا أطول عما تستلزمه المكافحة الكيميائية.

٢- لا توجد مكافحة بيولوجية تعطى ١٠٠٪ كفاءة فى مكافحة أى آفة.

٣- نظرًا لأن كثيرًا من الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية تعمل ببطء؛ لذا .. يتعين استعمالها عندما تكون أعداد الآفة منخفضة.

٤- تعمل معظم المفترسات والمتطفلات فى حرارة ١٨-٢٩°م ورطوبة نسبية ٦٠٪-٩٠٪.

٥- تموت كائنات المكافحة الحيوية إذا تعرضت نباتات الصوبة لفترات يتوقف فيها النمو؛ سواء أكان ذلك بسبب سيادة حرارة شديدة الارتفاع، أم شديدة الانخفاض.

٦- إذا كان مستوى الآفة عال جدًا عند بدء استعمال كائنات المكافحة الحيوية فإنها غالبًا لن تعطى مكافحة جيدة.

٧- تتباين كفاءة الكائن الواحد المستعمل فى المكافحة من محصول لآخر؛ فمثلاً .. تقل كفاءتها على المحاصيل ذات الأوراق الوبرية مثل الطماطم.

٨- تموت الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية جوعًا إذا ما تم التخلص تمامًا من الآفة.

٩- تفرز بعض النباتات مواد سامة لكائنات المكافحة الحيوية (Integrated Pest Management for Greenhouse Crops — أترا Attra — الإنترنت — ٢٠٠٧).

ثانياً: بالنسبة لاستعمال الكائنات الدقيقة الممرضة

من الأمور التى تجب مراعاتها عند استعمال الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية مراعاة ما يلى:

١- إدخال تلك الكائنات فى الوقت المناسب، وكلما بكرنا فى إدخالها كلما انخفضت الأعداد التى نحتاجها، وكلما زادت كفاءتها، ويمكن حتى إدخال بعض من الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية كإجراء مانع للإصابة.

٢- يُعطى اهتمام خاص لجودة المنتج المستخدم وأن يكون من مصادر موثوق بها.

٣- يُهتم كذلك بحرارة تخزين المنتج وآخر تاريخ للاستعمال.

٤- التعرف على بيولوجى الكائن المستعمل فى المكافحة.

٥- توفير الظروف التى تحفز وصول الأعداء الطبيعية للحقل وتكاثرها بتوفير النباتات الجاذبة لها..

٦- التأكد من أن عمليات الخدمة الزراعية مثل الحصاد والتقليم وإزالة الأوراق القديمة لا تؤدى إلى خفض أعداد الكائنات المستعملة فى المكافحة الحيوية.

٧- التأكد من عدم تعارض استعمال بدائل المبيدات مع الكائنات المستخدمة فى المكافحة الحيوية (Koppert Biological Systems — الإنترنت — ٢٠٠٧).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الحشرات والاكاروسات

يبين جدول (١٠-١) أهم أنواع المفترسات والمتطفلات المتوفرة تجاريًا، والتى تستخدم فى مكافحة الحشرات والأكاروسات.

جدول (١٠-١): بعض المفترسات والمتطفلات المتوفرة تجاريًا لمكافحة الحشرات والأكاروسات (Ohio State University Extension ٢٠٠٥)

الاسم العادى	الاسم العلمى	الآفات التى يهاجمها
متطفل على الذبابة البيضاء	*Encarsia formosa*	الذبابة البيضاء
متطفل على الذبابة البيضاء	*Eretmocerous eremicus*	الذبابة البيضاء
	Eretmacerous mundus	

تابع جدول (١٠-١).

الاسم العادى	الاسم العلمى	الآفات التى يهاجمها
متطفل على صانعات الأنفاق	*Diglyphus* spp., *Dacnusa* spp.	صانعات الأنفاق
قاتل للخنفساء المغبرة	*Cryptolaemus montrouzieri*	بق الحمضيات الدقيقى
متطفل على الخنفساء المغبرة	*Leptomastix dactylopii*	بق الحمضيات الدقيقى
ذبابة متطفلة على المنّ	*Aphidoletes aphidimyza*	المنّ
متطفل على المنّ	*Aphidius colemani*	منّ الخوخ الأخضر ومنّ القطن
متطفل على المنّ	*Aphidius ervi*, *Aphelinus abdomalis*	منّ البطاطس
مفترس حشرى أرضى	*Atheta coriaria*	يرقات بعوضة الفطر وعذارى تربس الأزهار الغربى
نيماتودا متطفلة على بعوضة الفطر	*Steinernema feltiae*, plus others	يرقات بعوضة الفطر
أكاروس متطفل على التربس وبعوضة الفطر	*Hypoaspis miles*	يرقات بعوضة الفطر وعذارى التربس
مفترس العنكبوت الأحمر	*Phytoseiulus persimilis*, other phytoseiids *Amblyseius californicus*	العنكبوت الأحمر
أسد المنّ	*Chrysoperla* sp.	المنّ والذبابة البيضاء والأكاروس وديدان حرشفية الأجنحة
قرصان الخنافس الدقيق	*Orius insidiosus*	التربس وغيره من الحشرات
مفترس التربس	*Neoseiulus cucumeris* *Amblyseius degenerans* *Amblyseius cucumeris*	التربس
متطفل الفراشات	*Trichogramma brassicoe*	بيض الفراشات

ومن أنواع المفترسات – التى تتوفر فى مصر، وتلعب دورًا هامًّا فى الحد من أعداد الحشرات التى تقع فريسة لها – ما يلى (عن حماد وعبدالسلام ١٩٨٥):

الحشرة	أنواعها الهامة	الحشرات التى تفترسها
إبرة العجوز	إبرة العجوز الكبيرة *Labidura riparia* إبرة العجوز الصغيرة *Labidura minor*	كثير من يرقات وعذارى حشرات من رتبة حرشفية الأجنحة، وكذلك بعض أنواع المنّ
الرعاشات	الرعاش الكبير *Henrianax ephippiger* الرعاش الصغير *Lschnura senegalesis*	تفترس حورياتها المائية الحشرات والديدان المائية، وتفترس الحشرات الكاملة عديدًا من الحشرات الطائرة، كالبعوض، والذباب، والهاموش
أسود المنّ	*Chrysopa vulgaris*	تفترس يرقاته أنواع المنّ، واليرقات الصغيرة من دودة ورق القطن، والحشرات القشرية، والتربس
أسود النمل	*Cueta varieegata* *Palpares cephalotes*	تفترس يرقاتهما أنواع النمل المختلفة
الخنافس المفترسة	خنافس الكالوسوما *Chalosoma chlorostictum* الحشرة الرواغة *Paederus alfierii*	تفترسان يرقات دودة ورق القطن وبيضها، ودودتى اللوز الشوكية والقرنفلية، والدودة القارضة، وأنواع المنّ
	خنفساء أبو العيد ذات الإحدى عشرة نقطة *Cacinella undecimpunctata* خنفساء أبو العيد ذات النقط السبع *Coccinella septempunctata* خنفساء أبو العيد الأسود *Cydonia vicina isis* خنفساء أبو العيد السمنى *Cydonia vicina nilotica*	تتغذى يرقات هذه الحشرة وأطوارها الكاملة على المنّ، والحشرات القشرية، والبق الدقيقى، والحلم

الحشرة	أنواعها الهامة	الحشرات التي تفترسها
	خنفساء الكريتوليمس *Chryptolaemus montrauzieri*	استوردت من فرنسا لمقاومة بق القصب الدقيق وبق الهبسكس الدقيقي.
الزنابير المفترسة	الزنابير الزرقاء، مثل *Strilbum splendidum*	تفترس الزنابير كثيرًا من الحشرات بعد أن تخدرها
	زنابير الطين ذات الخصر النحيل، مثل زنبور الأموفيلا الكبير *Ammophilo tydei*	
	زنابير الطين البانية ؛ مثل *Eumenes maxillosa*	
	الزنبور الأصفر *Polistes glallica*	

ويُستفاد في مصر من المفترس الأكاروسي *Phytoseiulus macropilis* في مكافحة العنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae*، حيث يُطلق في حقول الفراولة، كما أعطى المفترس نتائج جيدة في حقول كل من الفاصوليا والخيار والكنتالوب (هيكل — المؤتمر الدولي الثاني للزراعة العضوية — القاهرة — ملخصات البحوث — ٢٠٠٤).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الفطريات

على خلاف البكتيريا والفيروسات المستعملة في المكافحة الحيوية للحشرات، فإن الفطريات المستعملة لهذا الغرض يمكن لجراثيمها الكونيدية الإنبات المباشر على السطح الخارجي لجسم الحشرة، وهي يمكن أن تصيب أي طور من الأطوار الحشرية، وقد تتخصص على طور أو أطوار معينة منها.

ويلزم عند المعاملة بالفطريات توفر رطوبة حرة ورطوبة نسبية عالية لكي يمكن أن تنبت الجراثيم الكونيدية، وهي التي تعد حساسة للأشعة فوق البنفسجية التي تفقدها فاعليتها.

إن من أهم سلبيات ومشاكل استعمال الفطريات في المكافحة الحيوية للحشرات، ما يلي:

١- بطء فاعليتها، حيث تتطلب – عادة – أكثر من ٧ أيام.

٢- ضعف تأثيرها على الطور البالغ (من الذبابة البيضاء)؛ حيث يحتاج الأمر إلى عدة رشات لمكافحة الأجيال المتداخلة (من الذبابة البيضاء).

٣- تعتمد فاعليتها على تواجد ظروف بيئية مناسبة.

٤- تفضيل الذبابة البيضاء للسطح السفلى للأوراق؛ مما يشكل صعوبة فى توصيل الفطر إليها.

٥- التكلفة العالية.

٦- قصر فترة احتفاظها بحيويتها، وخاصة فى حرارة الغرفة.

ومن أهم ما تجب مراعاته للتغلب على سلبيات ومشاكل الفطريات المستعملة فى المكافحة الحيوية للحشرات، ما يلي:

١- يفضل دائمًا استعمالها ضد طور الحوريات الأول، بهدف منع تكاثرها إلى مستويات يصعب التحكم فيها. هذا مع العلم بأن هذه الفطريات لا يمكن الاعتماد عليها فى مكافحة الأعداد الكبيرة جدًا من طور الحوريات الأول أو الحشرات البالغة. ومن ناحية أخرى فإن *B. bassiana*، و *P. fumosoroseus* متوافقتان مع مدى واسع من المبيدات الحشرية التى تستخدم فى التخلص من الحشرات المهاجرة التى تكون سريعة التكاثر وتنقل إلى النباتات الإصابات الفيروسية.

٢- ضرورة الاستفادة من الظروف البيئية المناسبة متى توفرت.

٣- استعمال رشاشات قادرة على توصيل محلول الرش إلى السطح السفلى للأوراق.

٤- إبطاء سرعة الرش، مع زيادة الضغط وحجم سائل الرش لتحقيق أكبر تغطية ممكنة لكل الأسطح النباتية.

٥- تركيز الرش على خطوط النباتات إن لم تكن تغطيتها للمصاطب كاملة.

٦- تخزين التحضيرات التجارية تحت تبريد أو فى حجرات مكيفة كلما أمكن ذلك (Faria & Wraight ٢٠٠١).

ويعتبر الفطر *Beauveria bassiana* أكثر الفطريات استخدامًا فى المكافحة الحيوية. يتواجد هذا الفطر فى التربة فى شتى أنحاء العالم، وتتفاوت الحشرات فى قابليتها للإصابة بمختلف سلالاته. وقد عزلت عديد من السلالات من حشرات مصابة. وينتشر استعمال سلالتين على نطاق واسع، هما: GHA، و ATCC74040. هذا وتفصل الجراثيم الكونيدية من مزارع الفطر لأجل استعمالها رشًا فى التحضيرات التجارية.

يقتل الفطر *B. bassiana* الآفة بعد ملامسة جراثيم الفطر لها حيث تنبت وتخترق جسم الحشرة وينمو الفطر بداخلها، ويستغرق الأمر — عادة — نحو ٣-٥ أيام لحين موت الحشرة. وتشكل الأجسام الحشرية الميتة مصدرًا للانتشار الثانوى للفطر.

ويناسب إنبات جراثيم الفطر الرطوبة النسبية العالية وتواجد الرطوبة الحرة والحرارة المعتدلة أو المائلة للبرودة (٢١-٢٧°م)، ولكنها تتأثر سلبيًا بالأشعة الشمسية.

ونظرًا لقصر فترة بقاء الجراثيم الكونيدية حية؛ لذا .. يجب الحرص على ملامسة محلول الرش للحشرات المستهدفة، مع توصيل محلول الرش إلى كل الأسطح الورقية بما فى ذلك السطح السفلى للأوراق. وتتأثر فاعلية المقاومة بالفطر إيجابيًا باستعمال تركيزات عالية من جراثيم الفطر مع الرش خلال المراحل المبكرة للنمو الحشرى قبل ظهور أضرار كبيرة من جراء الإصابة الحشرية.

يفيد الفطر *B. bassiana* فى مكافحة التربس والذبابة البيضاء والمنّ وديدان حرشفية الأجنحة والسوس ونطاطات الأعشاب والخنافس المغبرة وخنفساء كلورادو.

ومما تجب مراعاته بشأن استخدام الفطر فى المكافحة ما يلى:

١- لا تُجرى المعاملة إلا فى وجود الحشرات المستهدفة، فلا يجرى رش وقائى.

٢- قد لا تكفى رشة واحدة نظرًا لسرعة فقد الفطر لحيويته بفعل الأشعة الشمسية وسهولة غسيله من على الأسطح النباتية بالمطر وماء الرى بالرش.

٣- تزداد فاعلية الفطر على المراحل العمرية المبكرة للحشرات.

٤- عدم خلط الفطر مع مبيدات فطرية وعدم الرش بتلك المبيدات قبل مرور أربعة أيام على المعاملة بالفطر.

٥- محاولة زيادة الرطوبة النسبية قدر الإمكان لزيادة فاعلية الفطر.

ومن بين المستحضرات التجارية للفطر ما يلي:

١- Mycotrol O وهو يحتوى على سلالة الفطر GHA.

٢- Naturalis H & G وهو يحتوى على سلالة الفطر ATCC74040.

٣- Naturalis L وهو يحتوى على سلالة الفطر ATCC74040.

(عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٦).

كذلك يوفر الفطران *Paecilomyces fumosoroseus*، و *Beauveria bassiana* مكافحة جيدة للذبابة البيضاء من خلال تأثيرهما على حوريات الحشرة وليس على الحشرة الكاملة، وذلك عند الرش بأى منهما كل ٤-٥ أيام فى الكنتالوب وكل ٧ أيام فى الكوسة (Wraight وآخرون ٢٠٠٠).

وقد أدت المعاملة بالفطر *P. fumosoroseus* (السلالة Apopka 97) إلى مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeurodes vaporariorum* بصورة جيدة (Van de Veire & Degheele ١٩٩٦، و Sterk وآخرون ١٩٩٦).

وأظهرت يرقات فراشة درنات البطاطس *Phthoriumaea operculella* قابلية شديدة للإصابة بكل من الفطر *Metarhizium anisopliae* والفيرس granulosis virus، علمًا بأنهما يعطيان تأثيرًا أشد فى مكافحة اليرقات إذا ما استعملا معًا بتركيز عالٍ من الفطر وبتركيز منخفض من الفيرس (Sewify وآخرون ٢٠٠٠).

كما أظهرت الدراسات أن كلا من الفطرين *Beauveria bassiana*، و *Metarhizium anisopliae* يتطفلان على سوسة البطاطا *Cylas puncticollis*، ويؤديان إلى الحد من تغذيتها وخصوبتها، وضعف حيوية بيضها (Ondiaka وآخرون ٢٠٠٨)

المكافحة الحيوية بالاعتماد على البكتيريا

إن التقدم الهائل الذى حدث فى دراسات حث تطوير المقاومة الجهازية فى النباتات ضد الأمراض عن طريق المعاملة بالكائنات الدقيقة – وخاصة ببكتيريا المحيط الجذرى – لا يزال فى أولى خطواته بالنسبة لدراسات حث المقاومة الجهازية ضد الحشرات والأكاروسات بالاستعانة بالبكتيريا، إلا أن هذه النوعية من الدراسات قد تفتح آفاقًا واسعة جديدة فى مجال مكافحة الحشرات.

فمثلاً .. أدت معاملة بيئة الزراعة فى مشاتل الفلفل بمخلوط من نوعى البكتيريا *Bacillus subtilis*، و *Bacillus amyloliquefaciens* إلى جعل النباتات – بعد شتلها – أكثر قدرة على تحمل الإصابة بمنّ الخوخ الأخضر *Myzus persicae* (Herman وآخرون ٢٠٠٨).

هذا .. إلا أن الاهتمام الأكبر فى مجال مكافحة الحشرات بالبكتيريا ينصب فى الوقت الحاضر – ومن قبل منتصف القرن العشرين – على الاستعانة بالبكتيريا *Bacillus thuringensis*.

اكتشفت قدرة البكتيريا *Bacillus thuringensis* (اختصارًا: Bt) على قتل الحشرات فى عام ١٩١١، ولكنها لم تتوفر تجاريًا لهذا الغرض إلاّ فى عام ١٩٥٠.

يتعين لكى تكون البكتيريا مؤثرة أن تتناولها الحشرة فى غذائها، وعندما تصل إلى الخلايا المبطنة للأمعاء فإنها تتلفها؛ مما يفقد الحشرة الرغبة فى التغذية، حيث تموت من الجوع فى خلال يوم واحد إلى أيام قليلة، ولكنها – وحتى تموت – لا تُحدث أضرارًا بالأنسجة النباتية.

ولأن الحشرة يجب أن تحصل على البكتيريا فى غذائها، فإن الرش يجب أن يشمل كل الأسطح النباتية. وعلى الرغم من ذلك فإن بعض الديدان كالناخرات تصل إليها البكتيريا ضمن غذائها.

ليست لهذه البكتيريا تأثيرات سلبية على الأعداء الحشرية الطبيعية من المفترسات والمتطفلات، كما أنها لا تؤثر على الحشرات الملقحة مثل النحل.

إن أكثر سلالات البكتيريا شيوعًا في الاستعمال هي *kurstai*، وهي المتخصصة على يرقات حرشفية الأجنحة. كذلك تستعمل سلالات *Israelensis* في مكافحة البعوض، وسلالات San diego/*tenebrionis* في مكافحة بعض أنواع الخنافس (Colorado State University — الإنترنت — ٢٠٠٦).

يتحد سُمّ البكتيريا Bt — في خلال دقائق من تناول الحشرة له في غذائها — مع مستقبلات خاصة في جدار معي الحشرة، وتتوقف بعدها الدودة عن التغذية، وفي خلال ساعات ينهار جدار معي الحشرة بما يسمح لجراثيم الـ Bt والبكتيريا التي تتواجد طبيعيًا بالدخول في تجويف جسم الحشرة حيث يذوب سُمّ الـ Bt. وفي خلال يوم إلى يومين تموت اليرقة مع انتشار جراثيم الـ Bt وبكتيريا المعي في دمها.

تُنتج تلك البكتيريا تجاريًا في تانكات تخمر ضخمة، ومع توفر الظروف المناسبة — فإن كل خلية بكتيرية تُنتج جرثومة وبروتين بللورى سام يُعرف باسم endotoxin.

عند تناول الحشرة لهذا السُمّ فإن السُمّ ينشط في الوسط القاعدى بالمعي وبالنشاط الإنزيمى فيها. ويحدد وجود مستقبلات معينة للسم الحشرى ما إذا كانت البكتيريا ستكون مؤثرة أم غير مؤثرة، أي أن التخصص البكتيرى يتحدد بتلك المستقبلات التي يجب أن تكون متوافقة معه.

هذا .. وليس للبكتيريا التي تتكاثر في جسم الدودة دورًا تاليًا في مكافحة أجيال أخرى من الحشرة (Brust وآخرون ٢٠٠٣، و Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

ونظرًا لضرورة تناول الحشرة للسُمّ في غذائها لكي يكون فعالاً، فإنه يتعين إجراء المعاملة في الجزء النباتي الذى تتغذى عليه الحشرة وفي الوقت الذى تحدث فيه التغذية.

وكما هو الحال مع معظم المبيدات الحشرية، فإن اليرقات الصغيرة تكون أكثر تأثرًا بالسُمّ البكتيرى عن اليرقات المتقدمة في العمر؛ لذا يلزم توقيت المعاملة تبعًا لذلك — مما يعني أهمية الاكتشاف المبكر للإصابة الحشرية.

وتجدر الإشارة إلى أن المادة الفعّالة قد لا تبقى فعّالة لأكثر من أيام قليلة بعد الرش بسبب تحللها بفعل الأشعة الشمسية. لذا .. فإنه يلزم – غالبًا – تكرار المعاملة. كذلك يلزم احتواء محلول الرش على مواد لاصقة (لكي يلتصق السُمّ الحشرى بالأسطح النباتية)، وأخرى مثبطة للأشعة فوق البنفسجية (لأجل حماية السُمّ الحشرى من التحلل بفعل الضوء).

وكما هو الحال مع عديد من المبيدات الحشرية، فإن الحشرات يمكن أن تطور مقاومة ضد السُمّ البكتيرى؛ الأمر الذى حدث بالفعل مع كل من خنفساء كلورادو والفراشة ذات الظهر الماسى. ولتجنب تكرار ذلك مع حشرات أخرى يجب عدم اللجوء إلى استعمال سُموم الـ Bt إلا عند الضرورة ومع وسائل المكافحة المتكاملة الأخرى. كذلك يفضل استخدام السُم فى جيل واحد من الحشرة واللجوء إلى وسائل أخرى لمكافحة الجيل التالى له.

وتجدر الإشارة إلى أن الأنواع البكتيرية للجنس *Pseudomonas* المحولة وراثيًا بجين البروتين البللورى لا يُسمح باستخدامها فى الزراعات العضوية.

إن أول ما أنتج من منتجات الـ Bts التجارية – والتى مازال الكثير منها مستعملاً إلى اليوم – حُصل عليها من بعض الطرز لأنواع برية من البكتيريا، ومن أمثلة تلك المنتجات: DiPel، و Javalin، و XenTari. وقد أمكن التوصل إلى سلالات جديدة من البكتيريا عن طريق عملية الدمج البكتيرى conjugation (أو transconjugation)، وهى عملية تحدث فى الطبيعة وتماثل عملية التهجين فى النباتات الراقية. وبمقتضاها فإن تحت نوعين اثنين أو أكثر تخلط معًا بطريقة تيسر انتخاب سلالات جديدة من خلايا بكتيرية ذات صفات مرغوب فيها تتجمع فيها صفات من الأبوين. وتلك الطريقة يُسمح بها لإنتاج منتجات للزراعة العضوية. ومن أمثلة المنتجات التى حُصل عليها بهذه الطريقة Condor، و Cutlass.

ويتطلب التوصل إلى بعض المنتجات المتحصل عليها من الطرز البرية اللجوء إلى

أساليب الهندسة الوراثية، وهي منتجات لا يُسمح بها في الزراعة العضوية، ومن أمثلتها Mattch، وفيها يحول الطراز البكتيري البري ليصبح قادرًا على تكوين سُم الـ Bt داخل كبسولة طبيعية تحميه من التحلل بفعل العوامل البيئية. وبمقتضى هذه الطريقة يتم تحويل أحد أنواع الجنس *Pseudomonas* لإنتاج سُمّ الـ Bt بأساليب الهندسة الوراثية. وبعد عملية التحول الوراثي يتم قتل البكتيريا الـ *Pseudomonas* المحتوية على سُمّ الـ Bt – داخل كبسولة – باستعمال الأشعة فوق البنفسجية.

تحضر مزارع البكتيريا *B. thuringensis* تجاريًا، وتُسوق في صورة مساحيق قابلة للبلل تحت أسماء عديدة، منها: الـ Dipel، والـ Bitroil، والـ Thuricide. وهي شديدة الفاعلية ضد بعض الديدان، مثل: الديدان القياسة، وديدان الكرنب cabbage warms، والدودة القارضة، ولا يبقى منها أي أثر ضار بالإنسان، وتعتبر رخيصة نسبيًا. بالمقارنة بالمبيدات الحشرية. ويرخّص باستعمالها في مكافحة يرقات رتبة حرشفية الأجنحة (Lepidopterous larvae) في أكثر من ٢٠ محصولاً من الخضر. وقد أنتجت منها سلالات عالية الضراوة.

من بين الديدان التي نادرًا ما تُكافح أو تنجح مكافحتها ببكتيريا الـ Bt حفار أشجار الخوخ (في الفواكه ذات النواة الحجرية)، ودودة كيزان الذرة، وحفار ساق الكوسة، والديدان القاطعة cutwors، إلا أن بكتيريا الـ Bt تستعمل في مكافحة حفار ساق الذرة الأوروبي، ولكن يتعين أن تجرى المعاملة بطريقة تسمح بتسرب المبيد من قمة النباتات.

يتخصص تحت النوع *Israelensis* على يرقات بعض حشرات رتبة *Diptera*، وخاصة يرقات البعوض، والذباب الأسود black flies والـ fungal gnats في مزارع عيش الغراب، ولكنها لا تكافح يرقات الذبابة المنزلية، أو ذبابة الاصطبلات، أو الذبابة السّروء التي تضع بيضها على اللحم.

يفيد إجراء المعاملة ببكتيريا الـ Bt متأخرًا بعد الظهر أو في المساء في زيادة فاعلية المكافحة لأن البكتيريا تبقى على النموات الخضرية طوال الليل قبل أن تضعف فاعليتها

بالتعرض للأشعة الشمسية القوية أثناء النهار التالى. كذلك تُعطى المعاملة فى الأيام التى تسودها الغيوم — بدون أمطار — نتائج مماثلة.

ومما يفيد فى حماية جراثيم البكتيريا من الأشعة فوق البنفسجية اتباع طرق معينة فى إنتاجها يتم بواسطتها كبسلة جراثيم الـ Bt أو سمومها فى غلاف جينى مثل النشا، أو يجعلها داخل خلايا ميتة لبكتيريا أخرى (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

تحتوى المنتجات المصرح باستعمالها فى الزراعات العضوية على مشتقات من المزارع البكتيرية تحتوى على البروتين الفعال (ال endotoxin) وجراثيم بكتيرية ومواد لاصقة.

ومن بين المنتجات المحتوية على سُمّ الـ Bt والمسموح بها فى الزراعات العضوية، ما يلى:

البكتيريا	المنتجات التجارية
Bacillus thuringensis subsp. *aizawai*	Able, Agree, XenTari
B. thuringensis subsp. *kurstaki*	Deliver, Biobit, Britz Bt Dust, Dipel 2x, DiPel DF, Javelin
B. thuringensis subsp. *israelensis*	Gnatrol WDG, VectoBac WDG

(عن Resource Guide for Organic Insect and Disease Management — الإنترنت — ٢٠٠٧).

هذا .. ولا تؤثر منتجات الـ Bt على الأعداء الطبيعية للحشرات إلاّ بصورة غير مباشرة من خلال تقليلها لغذائها (الذى يتكون من الحشرة المستهدفة بالمكافحة) فى البيئة الطبيعية.

المكافحة الحيوية بالاعتماد على الفيروسات

إن الفيروسات المستخدمة فى المكافحة الحيوية للحشرات تعد شديدة التخصص، وعادة يكون تخصصها على جنس حشرى واحد، وأحيانًا على نوع حشرى واحد.

ومعظم تلك الفيروسات هى إما nuclear polyhydrosis viruses، وفيها يتجمع عديد من جزيئات الفيرس داخل غلاف بللورى بنواة خلايا الحشرة، وإما granulosis viruses، وفيها يُحاط جزئ فيروسي واحد أو جزيئين بشبه كبسولة حبيبية بروتينية بنواة خلايا الحشرة.

لابد أن تتناول الحشرات المستهدفة بالمكافحة الفيرس فى غذائها، حيث ينتهى به المطاف إما فى معى الحشرة، وإما فى أنسجة حشرية أخرى كما فى يرقات حرشفية الأجنحة. ينتهي الأمر بالحشرات المصابة إلى سيولة أعضائها الداخلية وموتها، وتصبح هى ذاتها مصدرًا لاستمرار تواجد الفيرس بالحقل (Weinzierl وآخرون ٢٠٠٦).

المكافحة الحيوية بالاعتماد على النيماتودا

تستخدم النيماتودا المرضة للحشرات فى مكافحة عديد من الحشرات التى تعيش فى التربة، وكذلك تلك التى تصيب النموات الخضرية. وتنتج تلك النيماتودا تجاريًّا فى تانكات تخمير سعة ٣٠-٨٠ ألف لتر وبكثافة تصل إلى ١٥٠ ألف يرقة من الطور المتطفل/مل؛ مما جعل استخدام تلك النيماتودا فى المكافحة فى وضع تنافسى مع استخدام المبيدات.

تُعد النيماتودا فى العائلتين Steinernematidae، و Heterorhabditae متطفلات إجبارية على الحشرات، ولها علاقة معيشة تعاونية مع البكتيريا *Xenorhabdus* spp التى تلعب دورًا حاسمًا فى حياة النيماتودا. والطور القادر على إصابة الحشرات هو الطور اليرقى الثالث الذى يعيش حرًّا ويتحرك ولا يتغذى، وهو الطور الوحيد من النيماتودا الذى يمكنه البقاء خارج عائله. وعندما يجد هذا الطور اليرقى عائلاً مناسبًا فإنه يدخُلَه من خلال أى من الفتحات الطبيعية مثل الفم والشرج والفتحات التنفسية.

وما أن تصبح النيماتودا داخل جسم الحشرة حتى تُهاجر إلى الـ hemocoel حيث يوجد دم الحشرة، وحيث تبدأ فى التطور. فى البداية تطلق النيماتودا البكتيريا التى سريعًا ما تتكاثر وتؤدى إلى موت الحشرة فى خلال ٢٤-٤٨ ساعة، ويوفر تكاثر

البكتيريا بيئة مثالية لنمو وتكاثر النيماتودا. تتغذى النيماتودا النامية على الخلايا البكتيرية وأنسجة الحشرة. وتمر النيماتودا بعدة أجيال داخل الحشرة الميتة إلى أن تنطلق يرقات الطور الثالث مرة أخرى في البيئة. وتكمل النيماتودا حياتها — عادة — في خلال ١٠–٢٠ يومًا على حرارة ١٨–٢٨°م (Martin ١٩٩٧).

تدخل النيماتودا المتطفلة على الحشرات في داخل تلك الحشرات عن طريق فتحات التنفس، أو الفم، أو فتحة الشرج كما أسلفنا، ولكن بعض أنواعها يمكنها اختراق الأجزاء الرقيقة من كيوتكل الحشرة. ويلى دخولها جسم الحشرة إطلاق النيماتودا لبكتيريا معينة هي: *Xenorhabdus luminescens*. هذه البكتيريا لا تتواجد إلا مع الأنواع النيماتودية المستخدمة في المكافحة الحيوية. وبنشاط تلك البكتيريا فإنها تفرز سُمًا يقضى على الحشرة في خلال أيام قليلة. وكما أسلفنا .. فإن البكتيريا تتكاثر داخل جسم الحشرة، وتتغذى النيماتودا على البكتيريا، وتكمل النيماتودا نموها وتتناسل وتتكاثر داخل الحشرات الميتة. وفي نهاية الأمر يصبح جسم الحشرة مملوءًا بالنيماتودا، التي تخرج منها باحثة عن أفراد حشرية أخرى لتعيش عليها. ولم يثبت وجود أى ضرر لهذه البكتيريا على النباتات ولا يمكنها إصابتها.

يتضح مما تقدم أن غذاء النيماتودا التي تستعمل في المكافحة الحشرية هو البكتيريا، وأن تلك البكتيريا هي المتطفل الحقيقي للحشرة. وعلى الرغم من توفر أنواع نيماتودية تتخذ من بعض الحشرات — كالصراصير — غذاء طبيعيًا لها، إلا أنها أقل شيوعًا لأن إكثارها يتطلب استعمال حشرات حية (University of Florida — الإنترنت — ٢٠٠٦).

هذا .. وتسمح وكالة حماية البيئة الأمريكية Environmental Protection Agency (اختصارًا: EPA) باستخدام النيماتودا المتطفلة على الحشرات — والتي تعيش تعاونيًا مع البكتيريا — في المكافحة دونما حاجة إلى إجراءات التسجيل؛ الأمر الذى يحدث كذلك في عديد من الدول الأخرى.

يمكن المعاملة بالنيماتودا بجميع أنواع الرشاشات المستخدمة في المكافحة بالمبيدات.

كما يمكن أن تكون إضافتها من خلال شبكات الرى بالتنقيط وبالرش، ولم يكن لضغط حتى ٢٠٦٨ كيلوباسكال تأثيرات ضارة على النيماتودا، ولكنها أضيرت تحت ضغط ١٣٧٩٠ كيلوباسكال. هذا .. ويتراوح قطر النيماتودا بين ٢٠، و ٢٥ ميكروميتر، بما يسمح لها بالمرور بسهولة من فتحات الرشاشات الغربالية التى يصل قطرها إلى ٥٠ ميكروميتر.

ويتعين رى الحقل قبل المعاملة بالنيماتودا وبعدها لتحقيق أكبر كفاءة ممكنة؛ فالماء الحر ضرورى لحركة النيماتودا، ولنقلها إلى العمق الذى قد تتواجد فيه الحشرات. ويكفى — عادة — ٦ مم من ماء الرى قبل المعاملة بالنيماتودا، و ٦–١٢,٥ مم بعدها مع استمرار ترطيب التربة لعدة أسابيع بعد المعاملة.

وتتأثر النيماتودا سلبًا بالتعرض — ولو لدقائق معدودة — للأشعة فوق البنفسجية ولحرارة تزيد عن ٣٣°م؛ الأمر الذى تجب الاحتياط له عند المعاملة (Martin ١٩٩٧).

ولقد أمكن مكافحة القواقع *Arion ater*، و *Deroceras reticulatum* فى زراعات الخس المحمية — جوهريًا — بمعاملة التربة — قبل الزراعة — بالنيماتودا المتطفلة *Phasmarhabditis hermaphrodita* (Wilson وآخرون ١٩٩٥).

كما أمكن أيضًا مكافحة اليرقانة (البزاقة العريانة) slug (الاسم العلمى *D. reticulatum*) فى الكرنب الصينى حيويًا بمعاملة التربة بنفس النيماتودا *P. hermaphrodita* (Wilson وآخرون ١٩٩٦). ويكفى مجرد رش التربة بمعلق النيماتودا حول النباتات (Hass وآخرون ١٩٩٩).

ولقد أعطت المعاملة بالنيماتودا *X. nematophilus* نتائج مماثلة لمعاملة الرش باللانيت Lannate فيما يتعلق بمكافحة الخنفساء *Tropinota squalida* على القنبيط فى مصر (Abdel-Razek ٢٠١٠).

الفصل الحادى عشر

مكافحة أمراض وآفات الزراعات المحمية

استعراض لوسائل المكافحة المتكاملة فى الزراعات المحمية العضوية

إجراءات عامة

تتضمن المكافحة المتكاملة للآفات فى الزراعات المحمية العضوية الإجراءات التالية:

١- برنامج للمراقبة وتتبع الإصابة Monitoring or Scouting Program .. يتضمن:

أ- فحص نباتات فردية.

ب- استعمال الكروت اللاصقة الصفراء أو الزرقاء، أو الوردية القاتمة اللون.

جـ- زراعة النباتات الدالة indicator plants.

٢- التعرف على الآفة ومراحل حياتها.

٣- تسجيل النباتات للتعرف على الاتجاهات وتوجيه برنامج المكافحة المتكاملة.

٤- استخدام أساليب الاستبعاد لمنع دخول الآفة إلى مكان الإنتاج؛ فتستخدم - مثلاً - شباك السيران لمنع دخول المنّ والذباب الأبيض والتربس من خلال الأبواب وفتحات التهوية.

٥- اتباع الممارسات الزراعية لأجل منع المشاكل، مثل إجراءات اختبارات التربة واتباع أساليب النظافة العامة.

٦- اللجوء إلى المكافحة البيولوجية باستعمال كائنات حية من شأنها خفض تواجد الآفة المستهدفة.

٧- اتباع الأساليب التى تساعد على زيادة فرصة نجاح برنامج المكافحة المتكاملة مثل:

أ- تغطية كل السطوح غير المزروعة بالخرسانة أو بالبلاستيك الأسود.

ب- عدم دخول الأفراد إلا للضرورة القصوى.

٨- تعقيم أو بسترة التربة بالتشميس.

إجراءات محدودة التوقيت أو الأهداف

إن من أهم ما تجب مراعاته بشأن مختلف جوانب المكافحة المتكاملة فى الزراعات المحمية العضوية ما يلى:

أولاً: قبل بدء موسم الزراعة:

١- العمل على توفير مدة شهر كامل قبل الزراعة يكون خاليًا من أى زراعات أو أى نمو للحشائش.

٢- تطهير كافة الأسطح بالمركبات المسموح بها.

٣- التخلص من بيئات الزراعة التى سبق استعمالها أو تعقيمها.

٤- تطهير شبكة الرى.

ثانيًا: عند إنتاج الشتلات:

١- استعمال تقاو سبقت معاملتها بالماء الساخن.

٢- استعمال بيئة زراعة جديدة أو بيئة عُقمت بالبخار فى إنتاج الشتلات.

٣- زراعة الأصناف المقاومة للأمراض ما أمكن ذلك.

٤- إنتاج الشتلات فى صوبة منفصلة عن صوبات إنتاج المحصول.

ثالثًا: عند إنتاج المحصول:

١- الاحتفاظ بسجل يومى لكل عمليات الخدمة الزراعية ودرجات الحرارة الدنيا والعظمى وتواريخ مختلف مراحل النمو.

٢- اختبار مياه الرى لمدى تواجد الكربونات والعناصر التى يمكن أن تتعارض مع بقاء الـ pH مناسبًا لأجل ذوبان الأملاح السمادية.

٣- قياس pH الماء قبل إضافة الأسمدة للتأكد من إمكان ذوبانه، وكذلك قياس pH المحلول السمادى المستعمل، وذلك بصفة دورية.

٤- إجراء تحليل شهرى للنموات الخضرية للتأكد من سلامة برنامج التسميد.

٥- تعديل برنامج التسميد تبعًا لنتائج تحليل النموات الخضريه.

٦- استعمال جهاز لقياس درجة التوصيل الكهربائى لمتابعة تركيز المحلول المغذى.

رابعًا: مكافحة الآفات بصورة عامة:

١- عدم زراعة أكثر من محصول واحد فى الصوبة الواحدة.

٢- عدم السماح بنمو أى حشائش فى الصوبة.

٣- مراقبة الإصابات المرضية والحشرية أسبوعيًا.

٤- المحافظة على سجلات لمراقبة الإصابات وكذلك لعمليات الرش لأجل المكافحة.

٥- المحافظة على وجود مساحة خالية من النمو النباتى حول الصوبة.

خامسًا: مكافحة الأمراض:

١- خفض الكثافة النباتية لأجل توفير التهوية الكافية حول النباتات.

٢- توفير تهوية جيدة لخفض تكثف الماء وخفض الرطوبة النسبية.

٣- إزالة جميع الأوراق التى تتواجد أسفل العناقيد الثمرية العاقدة والتخلص منها خارج الصوبة. تقطع الأوراق من المكان الذى يحدث فيه الانفصال الطبيعى عند شيخوختها.

٤- إزالة أى أوراق أو ثمار مصابة بالأمراض والتخلص منها خارج الصوبة.

٥- عدم السماح بالتدخين لأى فرد يمكن أن يلمس النباتات أو هياكل الصوبة.

٦- قيام أى فرد يلامس النباتات بغسيل يديه، مع تطهير الأدوات قبل دخولها الصوبة.

٧- التربية الرأسية بهدف سرعة جفاف النموات الخضرية وخفض الرطوبة النسبية حولها. وعلى سبيل المثال – أفادت – تربية الأصناف الطويلة من الفاصوليا رأسيًا – حتى مع زيادة كثافة الزراعة – فى خفض شدة الإصابة بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* مسبب مرض العفن الأبيض (Saindon وآخرون ١٩٩٥).

٨- خفض الرطوبة النسبية فى البيوت المحمية إلى أدنى مستوى ممكن بمراعاة ما يلى:

أ- تغطية سطح التربة بشريحة بلاستيكية بيضاء.

ب- عدم بلّ النموات الخضرية أثناء الرى.

جـ- تجنب تراكم الماء على سطح التربة.

د- إدخال هواء جديد باستمرار فى الصوبة عندما تكون مراوح الشفط فى حالة توقف.

هـ- الاهتمام التام بالتهوية الجيدة للصوبة.

سادسًا: مكافحة الحشرات:

١- وضع شباك (سِران) على جميع الفتحات.

٢- مراقبة أعداد الحشرات باستعمال كروت صفراء لاصقة مع تسجيل الأعداد أسبوعيًا وتغيير الكروت كلما تطلب الأمر ذلك.

٣- إطلاق الأعداء الطبيعية المناسبة بالمعدلات وعلى الفترات الموصى بها مع بداية ظهور أولى علامات الآفة المطلوب مكافحتها (عن Elements of IPM for greenhouse tomatoes in NY state — الإنترنت — ٢٠٠٨).

التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من الأغطية البلاستيكية

يمكن عن طريق الغطاء البلاستيكى للبيوت المحمية التحكم فى أطوال الموجات الضوئية التى يُسمح بنفاذها؛ الأمر الذى يمكن أن يؤثر فى نمو وتجرثم عديد من الفطريات المرضة للنباتات. فمن المعروف منذ ستينيات القرن العشرين أن الأشعة فوق البنفسجية — وخاصة فى المدى الموجى من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نانو ميتر (أى الـ UV-B) — تؤثر فى تجرثم كثير من الأجناس الفطرية، مثل: *Alternaria*، و *Botrytis*، و *Cercospora*، و *Cercosporella*، و *Fusarium*، و *Helminthosporium*، و *Stemphylium*، و *Trichoderma*. وربما يكون للضوء الأزرق تأثير حاث للتجرثم كما فى *Trichoderma viride*، و *Verticillium agaricinum*، أو تأثير مثبط كما يحدث مع *Alternaria cichorii*، و *Alternaria tomato*، و *Helminthosporium oryzae*. وقد

وجد أن تجريم *Botrytis cinerea* يُستحث بواسطة الأشعة البنفسجية UV-B، ويُثبط بواسطة الضوء الأزرق. كما وجد تأثير عكسى لكل من الضوء الأزرق والأشعة فوق البنفسجية على كل من إنتاج الحوامل الكونيدية وعلى المراحل الأخيرة للتجرثم فى الفطريات. كذلك وجد أن التعريض للضوء الأزرق يثبط إنتاج الجراثيم الاسبورانجية فى أوراق الخيار المصابة بالفطر *Pseudoperonospora cubensis*.

ويُستعمل فى معظم البيوت البلاستيكية أغطية بلاستيكية تحتوى على مواد تعترض الأشعة فوق البنفسجية بهدف زيادة طول فترة حياة الغطاء، الذى يكون منفذًا للأشعة النشطة فى البناء الضوئى. تنقسم تلك الأغطية إلى فئتين تعترض إحداهما معظم الموجات الضوئية التى تكون بطول ١٦٠ نانوميترًا أو أقصر من ذلك (360 nm>)، بينما تعترض الثانية الموجات الضوئية التى تكون بطول ٣٨٠ نانوميترًا أو أقل (380 nm>).

وقد أوضحت عديد من الدراسات أن الأغطية الـ 380 nm> تقلل من تجرثم الفطر *Botrytis cinerea*، وتقلل من أعداد الآفات الحشرية، ومن الإصابات الفيروسية التى تنقلها الحشرات إلى النباتات (عن Costa وآخرين ٢٠٠١).

كما وجد أن الأغطية الـ 380 nm> تتميز — كذلك — بأنها تزيد من دوام حيوية جراثيم الفطر *Beauveria bassiana* المستعمل فى المكافحة الحيوية، وذلك مقارنة بحالة الجراثيم عند استعمال الأغطية الـ 360 nm> (Costa وآخرون ٢٠٠١).

إن بداية التفكير فى مكافحة الإصابات المرضية فى البيوت المحمية بالتحكم فى الطول الموجى للضوء النافذ من خلال الغطاء كانت فى عام ١٩٧٣، وذلك بالنسبة لفطر *Botrytis cinerea*. ولقد ذكر أن استعمال غطاء vinyl film ماص للأشعة فوق البنفسجية (الأقصر من ٣٩٠ نانوميترًا) توفر مكافحة جزئية للعفن الرمادى فى كل من الخيار والطماطم مقارنة باستعمال غطاء غير ماص للأشعة فوق البنفسجية. كذلك أوضحت الدراسات أن الأغطية الماصة للأشعة فوق البنفسجية تثبط تكوين الأجسام الثمرية (الأبوثيسيا apothecia) فى الفطر *Sclerotinia sclerotiorum* فى الخيار والباذنجان،

كما تثبط تجرثم *Alternaria dauci* مسبب لفحة الأوراق فى الجـزر، و *A. porri* مسبب لفحة أوراق ألترناريا فى بصل ويلز، و *A. solani* مسبب الندوة المبكـرة فـى الطمـاطم، و *Botrytis squamosa* مسبب لفحة الأوراق فى الشيف الـصينى (عـن Raviv & Reuveni ١٩٩٨).

ومن أمثلة الدراسات التى أجريت على التحكم فى الطول الموجى للأشعة النافذة من خلال أغطية البيوت المحمية، لأجل مكافحة الأمراض والحشرات، ما يلى:

- انخفضت أعداد الذبابـة البيـضاء المتواجـدة علـى النباتـات فـى البيـوت المحميـة البلاستيكية المغطاة بأغشية الفينيل vinyl films المتصة للأشعة فوق البنفسجية عما فـى البيوت المحمية المغطاة بأغشية الفينيل العادية (Shimada ١٩٩٤).

- أدى استعمال أغطية بلاستيكية مانعة للأشعة فوق البنفسجية فى البيوت المحمية إلى إحداث خفض كبير فى أعـداد الحـشرات الرئيـسية: صـانعات الأنفـاق *Liriomyza trifolii*، وتـربس الأزهـار *Frankliniella occidentalis*، والذبابـة البيـضاء *Bemisia tabaci*، وكـذلك خفـض معـدلات الإصـابات الفيروسـية التـى تنقلـها تلـك الحـشرات (Antignus وآخرون ١٩٩٦).

- درس تأثير ستة أنواع من شرائح البوليثيلين توجد بها صبغة زرقـاء أو لا توجـد، وأقصى امتصاص لها فى منطقة الضوء الأصفر (٥٨٠ نـانوميتر) فـى توافقـات مـع ثلاثـة مستويات من الامتصاص للأشعة فوق البنفسجية UV-B (من ٢٨٠ إلى ٣٢٠ نـانوميتر) .. دُرس تأثيرها على إنتاج الفطر *Pseudoperonospora cubensis* للجـراثيم الاسـبورانجية واستعماره لنباتات الخيار فى غرف النمو، وكذلك على وبائية الإصابة بالبيـاض الزغبـى فى البيوت المحمية. أحدثت إضافة الصبغة الزرقاء للأغشية تثبيطًا جوهريًّا فـى إنتـاج الفطر للجراثيم الاسبورانجية وفى قدرته على اسـتعمار نباتات الخيار، بينما أسرع ترشيح المدى الموجى للأشعة فوق البنفسجية من اسـتعمار الفطـر للنباتـات دون أن يكـون لـذلك

تأثير على إنتاج الجراثيم. وقد تأخر ظهور أول أعراض المرض على النباتات تحت الأغطية البلاستيكية الزرقاء، ومن ثم انخفضت حدة الإصابة جوهريًا بالمرض (Reuveni & Raviv ١٩٩٧).

• أدى استعمال شرائح من البولى إثيلين قادرة على منع نفاذ الأشعة ذات الطول الموجى حتى ٤٠٥ نانوميتر (near ultra violet light) إلى إحداث خفض شديد فى إنتاج الجراثيم الكونيدية للفطر *Botrytis cinerea*، مع خفض مماثل فى نسبة الإصابة بالعفن الرمادى فى كل من الفاصوليا والفراولة (West وآخرون ٢٠٠٠).

• أدت معاملة بادرات الطماطم والفلفل والقرع العسلى بالضوء الأحمر إلى خفض معدل إصابتها بالذبول الطرى الذى يسببه الفطر *Phytophthora* sp. بنسبة وصلت إلى ٧٩٪، حيث أصيبت ٢١٪ إلى ٣٦٪ من البادرات التى عُوملت بالضوء الأحمر، مقارنة بإصابة ٧٨٪ إلى ١٠٠٪ من نباتات الكنترول (Islam وآخرون ٢٠٠٢).

• أدى استعمال الأغشية البلاستيكية الممتصة للأشعة فوق البنفسجية إلى الحد من أعداد المنّ *Macrosiphum euphorbiae*، و *Acyrthosiphum lactucae* وتأخير استعماره لزراعات الخس المحمية، مع تقليل أعداد النباتات التى أصيبت بالفيروسات التى ينقلها المنّ (أساسًا الـ poty viruses)، كما أحدث استعمال تلك الأغشية خفضًا مماثلاً فى أعداد التربس *Frankliniella occidentalis* وانتشار فيرس ذبول الطماطم المتبقع، هذا إلا أن الغطاء لم يكن مؤثرًا على أعداد ذبابة البيت المحمية البيضاء (Diaz وآخرون ٢٠٠٦).

معاملة بيئات الزراعة بالشيتوسان

أحدثت معاملة بيئات زراعة الطماطم بالشيتوسان chitosan بمعدل ١٢,٥–٣٧,٥ مجم/لتر نقصًا جوهريًا فى الإصابة بالفطر *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* وما يحدثه من أضرار بالنمو الجذرى وموت للنباتات، وكان التركيز الأعلى هو الأفضل فى تقليل الإصابة حيث انخفض معها معدل موت النباتات بأكثر من ٩٠٪.

وكان محصول الثمار معادلاً للمحصول فى حالة غياب الفطر المرض. وقد أثر الشيتوسان من خلال زيادته مقاومة النباتات لاستعمار الفطر لها، حيث ظل الفطر فى النباتات المعاملة بالشيتوسان محصورًا فى طبقتى البشرة والقشرة. وظهر بالهيفات الفطرية اضطرابات خلوية على صورة زيادة فى الفجوات وغياب كامل للبروتوبلازم. كما تكون بالعائل حواجز تركيبية عند أماكن محاولة اختراق الفطر له، كذلك حدث فيه انسداد للأوعية الخشبية بتكوين تيلوزات tylosis، وفقاقيع (Lafontaine & Benhamou ١٩٩٦).

المكافحة الحيوية فى الزراعات المحمية

الاستخدام المباشر للكائنات المؤثرة فى المكافحة

تتمتع الزراعات المحمية بميزة وجودها داخل حيز مُحَدَّدَ؛ وبذا .. يمكن إطلاق المتطفلات والمفترسات بالأعداد المناسبة وفى المواعيد التى تحقق أعلى كفاءة من المكافحة الحيوية للحشرات والأكاروسات، مع ضمان استمرار تواجدها داخل الصوبات.

ومن أهم آفات الصوبات التى تكافح بهذه الطريقة العنكبوت الأحمر، والذبابة البيضاء والمنّ وناخرات الأوراق، كما يلى:

١- تكافح العناكب الحمراء فى المناطق الباردة — التى تدخل فيها الحشرة فى طور بيات شتوى داخل الصوبات — بالمفترس *Phytoseiulus*.

٢- تكافح ذبابة البيوت المحمية البيضاء *Trialeuroides vaporariorum* – داخل الصوبات — منذ أكثر من ٦٠ عامًا بالطفيل *Encarsia*.

٣- استخدم فى مكافحة منّ الخوخ الأخضر، ونوع المنّ *Macrosiphum euphorbiae* على نباتات الباذنجان مجموعة من الأعداء الطبيعية للمنّ تشكلت من الطفيل *Aphelinus asychis*، ونوعى أسد المنّ *Chrysoperla perla*، و *C. formosa*.

٤- استُخُدم فى مكافحة ناخرة الأوراق *Liriomyza trifolii* على الطماطم حشرتان نافعتان، هما: *Dactirsa sibirica*، ونوع آخر يتبع جنس *Diglyphus*.

٥- أمكن تحسين المكافحة الحيوية للعنكبوت الأحمر *Tetranychus urticae* فى

زراعات الخيار المحمية بالاستعانة بالعدو الطبيعي المتخصص *Stethorus punctillum* مع العدو غير المتخصص *Neoseiulus californicus* (Rott & Ponsonby ٢٠٠٠).

كذلك استخدمت بعض أنواع الفطريات المتطفلة على الحشرات – منفردة، أو مع الحشرات المتطفلة والمفترسة – في مكافحة آفات البيوت المحمية، ومن أمثلة ذلك ما يلي:

١- استخدمت الجراثيم الكونيدية للفطر *Aschersonia* – الذي يتطفل على الذباب الأبيض – في مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء.

٢- استعمل مستحضر تجاري من الفطر *Verticillium lecanii* – يعرف باسم ميكوتال Mycotal – في مكافحة ذبابة البيوت المحمية البيضاء على الخيار.

٣- يتطفل فطران، هما: *Cephalosporium aphidicola*، و *Entomophthora coronata* على حشرة منّ الخوخ الأخضر. ولكن مستحضرات النوع الثاني ليست مأمونة الاستعمال بالنسبة للإنسان.

٤- يستعمل المستحضر التجاري فرتال Vertale للفطر *Verticillium lecanii* مع الطفيل *Aphidius matricariae* في مكافحة غالبية أنواع المنّ (عن توفيق ١٩٩٣).

كذلك يستفاد من المكافحة الحيوية في مكافحة عديد من الأمراض والآفات كما يتبين من الأمثلة التالية:

- أدت معاملة الطماطم بالفطر *Penicillium oxalicum* – في الزراعات المحمية إلى الحد من إصابتها بفطر الذبول الفيوزاري *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*، علمًا بأن فطر البنيسلم استعمر المحيط الجذري للطماطم ولم يؤثر على تواجد فطر الذبول فيه (DeCal وآخرون ١٩٩٧).

- وجد تحت ظروف الصوبات أن كفاءة كلا من *T. harzianum* T39، و *A. pullulans* في مكافحة فطر البوترتيس كانت أعلى من كل من المبيد الفطري ذو التأثير الواسع المدى tolylfuanid والمبيد الفطري المتخصص iprodione، إلاّ أن المكافحة كانت أفضل بالنسبة لإصابات السوق عنها بالنسبة لإصابات الثمار (Dik & Elad ١٩٩٩).

• حُصل على أكبر حماية للباذنجان من نيماتودا تعقد الجذور *M. javanica* فى الزراعات المحمية المعاملة بالفطر *Paecilomyces lilacinus* مع كسب الفول السودانى ثم مع تفل بذور النيم بعد عصرها، وكذلك بالمعاملة بالفطر *Cladosporium oxysporum* مع تفل بذور النيم، ثم مع كسب الفول السودانى (Ashraf & Khan ٢٠١٠).

الفصل الثانى عشر

استعراض موجز لأهم المواد والطرق المستخدمة فى مكافحة أمراض وآفات الزراعات العضوية

ما تجب مراعاته بالنسبة لمكافحة الأمراض

إن من أهم ما تجب مراعاته للحد من الإصابات المرضية فى الزراعات العضوية، ما يلى:

١- التخلص من بقايا المحصول السابق أو دفنها عميقًا فى التربة.

٢- تطهير الدعامات التى قد تستخدم فى النمو الرأسى للنباتات.

٣- استعمال بذور وشتلات خالية من الإصابات المرضية.

٤- التخلص من الحشائش.

٥- اختبار التربة لدى تواجد النيماتودا المرضة فيها.

٦- تخير الدورة الزراعية المناسبة.

٧- الزراعة بالكثافة المناسبة.

٨- استعمال الأغطية البلاستيكية للتربة.

٩- الزراعة الرأسية على دعامات ما أمكن ذلك.

١٠- إحاطة ساق النبات لمسافة ٥ سم تحت سطح التربة و ٥ سم أعلى سطح التربة بورق الألومنيوم لتجنب الإصابة باللفحة الجنوبية.

١١- بسترة التربة بالتشميس.

١٢- زراعة الأصناف المقاومة ما أمكن ذلك.

١٣- زراعة نباتات القطيفة (الآذريون) إلى جانب نباتات المحصول الذى يُرغب فى إنتاجه لأجل مكافحة النيماتودا عن طريق المركبات السامة لها التى تفرزها جذور القطيفة.

١٤- إزالة النباتات والأجزاء النباتية المصابة.

١٥- تجنب التدخين واستعمال التبغ أثناء العمل فى الحقل.

١٦- تنظيف المعدات وغسيلها جيدًا قبل استعمالها فى الحقل.

١٧- عدم إجراء عمليات العزيق والرش قبل زوال الندى.

١٨- الرش بالمبيدات المصرح بها (Harris وآخرون ٢٠٠٧).

ما تجب مراعاته بالنسبة لمكافحة الآفات

إن من أهم ما تجب مراعاته للحد من الإصابات الحشرية والحيوانية فى الزراعات العضوية، ما يلى:

١- التخلص المبكر من نموات المحصول السابق.

٢- المكافحة الميكانيكية، مثل:

أ- إحاطة قواعد الشتلات — حتى عمق ٥ سم تحت سطح التربة وحتى ارتفاع ٥ سم فوق سطح التربة — بورق ألومنيوم للحماية من الدودة القارضة.

ب- وضع "شاش" أو "أجريل بى ١٧" أعلى المشاتل لمنع وضع بيض الحشرات عليها.

جـ- وضع بلاستيك عاكس للضوء على مصاطب الزراعة لطرد المنّ والتربس.

د- جمع الحشرات واللطع الحشرية يدويًا.

هـ- عمل مصائد للقواقع بتوزيع ورق صحف أو خِرَق قماشية مبللة بالماء بعد الظهر لتتجمع عليها الحشرات، ثم التخلص منها خارج الحقل فى الصباح.

و- استعمال المصائد الصفراء اللاصقة وكذلك المصائد الفيرمونية.

٣- زراعة نباتات معينة فى حقول المحصول المزروع، كما فى الحالات التالية:

أ- تعمل القطيفة على طرد خنفساء الفاصوليا المكسيكية.

ب- يعمل الريحان على طرد دودة ثمار الطماطم.

جـ- يعمل الفجل على طرد خنافس الخيار.

د- يعمل النعناع البرى catnip على طرد الخنافس البرغوثية.

هـ- يعمل الزعتر على طرد دودة الكرنب.

و- يعمل البصل والشيف على طرد بعض النيماتودا وحشرة ذبابة الصدأ rust fly فى الجزر.

ز- يعمل الشيف على طرد المنّ.

٤- زراعة الأصناف المقاومة إن وجدت.

٥- الحصاد أولاً بأول والتخلص من النباتات بمجرد انتهاء الحصاد.

٦- تتبع كثافة التواجد الحشرى بصفة روتينية.

٧- الرش بالمبيدات المصرح بها (Harris وآخرون ٢٠٠٧).

المواد والتحضيرات المسموح باستخدامها فى مكافحة الأمراض والآفات

يمكن استخدام المواد التالية فى مكافحة الأمراض والآفات فى الزراعات العضوية (جميع المواد المعلمة بـ • يتعين موافقة جهة التصديق على الحاجة إليها) (عن CAC ٢٠٠١، و Ohio State University Extension ٢٠٠٥).

أولاً: مواد نباتية أو حيوانية

- تحضيرات بيرثرينات pyrethrins مستخلصة من النبات *Chrysanthemum cinerariaefolium*•.
- تحضيرات روتينون Rotenone مستخلصة من كل من *Derris elliptica*، و *Lonchoarpus* spp.، و *Thephrosia* spp•.
- تحضيرات من *Quassia amara*• (الكواسيًا quassia): مبيد حشرى وطارد.
- تحضيرات من *Ryania speciosa*.
- تحضيرات من النيم *Azadirachta indica*• (الـ Azadirachtin).
- البروبولس propolis• (وهى مادة راتينجية شمعية القوام يجنيها النحل من براعم الأشجار ليثبت بها أعشاشة).

- شمع النحل، الذى يستخدم بعد عملية التقليم.
- الأعشاب البحرية ومسحوق الأعشاب البحرية ومستخلصات الأعشاب البحرية على ألا تكون قد عوملت كيميائيًا.
- الجيلاتين gelatine*، لمكافحة الحشرات.
- الليسيثين lecithin*، لمكافحة الفطريات.
- الكازين casein.
- الأحماض الطبيعية مثل الخل*.
- منتجات التخمر من الأسبيرجلس *Aspergillus*.
- مستخلصات مشروم الشايتك shiitake mushroom.
- مستخلصات الكلورلا chlorella.
- تحضيرات نباتية طبيعية باستثناء التبغ*.
- مستخلص التبغ باستثناء النيكوتين النقى*.
- الاسبينوساد Spinosad لمكافحة الديدان والتربس وبعض الخنافس.
- البروتينات المتحللة مائيًا، التى تستعمل كجاذبات.
- مستخلص نبات *Icatiana tabacum*: يستعمل كمبيد حشرى ضد المنّ فى الفاكهة الاستوائية وتحت الاستوائية.
- الزيوت النباتية والحيوانية، وهى تستخدم لمكافحة بيض الحشرات، والمن، والذبابة البيضاء، والأكاروس، ومن تحضيراتها التجارية:
  - GC-Mite: يحتوى على زيت بذرة القطن.
  - Lilly Miller Vegol Spray Oil: زيت اللفت.
  - Sea Cide: يحتوى على زيت سمك وزيت بذرة القطن.
  - Golden Pest Spray Oil: زيت فول الصويا.
  - زيت حصى البان (الروزميرى)، مثل EcTrol، و Hexacide.
  - زيت السمسم، مثل Drganocide.
  - زيت النعناع وزيت الكراوية.

• الثوم: طارد للمنّ والخنافس والديدان، ومن تحضيراته التجارية: BioRepel، و CropGuard، وRepeller، و Garlic Barrier.

ثانياً: الأملاح والمعادن

• ماء البحر والماء الملحي.

• المركبات غير العضوية مثل مخلوط بوردو وأيدروكسيد النحاس وأوكسي كلورور النحاس*.

• مخلوط بورجندى Burgundy mixture*.

• أملاح النحاس*، مثل أيدروكسيد النحاس، وأوكسي كلورور النحاس، وأكسيد النحاسوز، وكبريتات النحاس.

• الكبريت*: يستخدم كمبيد فطرى وأكاروسي وطارد.

• مساحيق معدنية، مثل مسحوق الصخور والسليكات، ورمل الكوارتز.

• التربة الدياتومية diatomaceous earth، ومن تحضيراتها Insecta Kill.

• الطين (مثل البنتونيت bentonite).

• سيليكات الصوديوم.

• بيكربونات الصوديوم.

• برمنجنات البوتاسيوم*: يسمح بها كمبيد فطرى وبكتيرى — فقط — في مزارع الفاكهة والزيتون والعنب.

• زيت البارافين*: يستخدم لمكافحة الحشرات والأكاروس.

• الزيوت البترولية*: تؤثر خاصة على نطاطات الأوراق والأكاروس والذبابة البيضاء، ومن تحضيراتها التجارية Organic JMS Stylet Oil، ويسمح بها — فقط — على أشجار الفاكهة والعنب والزيتون والمحاصيل الاستوائية.

• الداى أمونيوم فوسفات $(NH_4)_2HPO_4$: يستخدم فقط في المصائد كجاذب للحشرات.

• مخلوط الكبريت والجير*: يستخدم كمبيد فطرى وحشرى وأكاروسي (وهو الـ lime sulphur أو الـ calcium polysulphide).

ثالثاً: الكائنات الدقيقة المستخدمة فى المكافحة الحيوية

تشمل عديد من الأنواع البكتيرية والفطرية والفيروسات، مثل*:

- *Bacillus thuringiensis* لمكافحة كافة ديدان حرشفية الأجنحة ومن أمثلة تحضيراتها التجارية ما يلى:

Diobit HP	Agree
Javelin WG	DiPel Df
	XenTari

- فيروسات تستخدم رشاً لمكافحة بعض ديدان حرشفية الأجنحة، ومن تحضيراتها التجارية GemStar (لمكافحة دودة كيزان الذرة)، و Spod-X (لمكافحة الـ beet armyworm)، وكذلك الـ Granulosis virus لمكافحة فراشة درنات البطاطس.
- الفطر *Beauveria bassiana*. وهو ذو مدى واسع، ولكن يزداد تأثيره على حشرات التربة، ومن تحضيراته التجارية: Mycotal، و Naturalis.
- عديد من الأنواع البكتيرية، وخاصة من الجنس *Bacillus*.

رابعاً: مواد ووسائل أخرى

- ثانى أكسيد الكربون والنيتروجين*.
- صابون البوتاسيوم (soft soap)*، الذى يستخدم – خاصة – فى مكافحة المن وغيره من الحشرات ذات الأجسام الطرية.
- الكحول الإثيلى*.
- التحضيرات العشبية والـ biodynamic.
- ذكور الحشرات المعقمة*.

خامساً: المصائد والطعوم

- تحضيرات الميتالدهيد metaldehyde* المحتوية على مواد طاردة للرخويات Molluscicide، مثل القواقع.

● الفيرمونات (الجاذبات الجنسية) لمكافحة فراشات بعض الأنواع، ومن تحضيراتها التجارية ChekMate TPW (لمكافحة الدودة الدبوسية لثمار الطماطم)، و MSTRS ECB-2 (لمكافحة حفار ساق الذرة).

● يُسمح فى المصائد – فقط – باستخدام اثنان – فقط – من البيروثريدات المخلقة، هما الدلتا مثرين deltamethrin، واللامداسيالوثرين lamda-cyahlothrin – لمكافحة ذبابة الزيتون وذبابة الفاكهة فقط*.

● الشيه: وتستخدم فى الطعوم السامة.

وتجدر الإشارة إلى أن جميع المصائد والجاذبات يجب ألا تسمح بنفاذ المواد المستخدمة فيها إلى البيئة، كما يجب أن تمنع أى تلامس بين المواد المستخدمة والمحصول المزروع. كذلك يجب جمع المصائد بعد انتهاء استعمالها والتخلص منها بأمان.

أمثلة للمبيدات الحيوية والمستخلصات والمنتجات الحيوية المتوفرة محليًا

من أمثلة المبيدات الحيوية والمستخلصات والمنتجات الحيوية المتوفرة محليًا، ما يلى:

التحضير التجارى	الاستخدامات
● بيوسكت Biosect (يحتوى على الفطر *Beauveria bassiana*)	لمكافحة الذبابة البيضاء، والمنّ والعنكبوت الأحمر، والنطاطات وثاقبات الذرة، وخنفساء البطاطس
● بروتكتو Protecto (يحتوى على الجراثيم والبروتينات السامة للبكتيريا *Bacillus thuringensis*)	مكافحة دودة درنات البطاطس فى الحقل والنوالات والثلاجات، وديدان حرشفية الأجنحة، مثل دودة ورق القطن وديدان الثمار
● فيروتكتو Virotecto (يحتوى على جزيئات فيروس فراشة درنات البطاطس *Phthorimaea* (*operculella granulosis* virus)	مكافحة فراشة البطاطس

التحضير التجاري	الاستخدامات
• أجيرين Agerin (يحتوى على سُم البكتيريا *Bacillus thuringensis*)	مكافحة يرقات جميع حرشفيات الأجنحة (محضر بطرق الهندسة الوراثية التى لا يسمح بها فى الزراعات العضوية).
• الترايكوجراما Trichogramma	مكافحة يرقات جميع حرشفيات الأجنحة من ديدان وثاقبات.
• ريزو إن Rhizo-N (يحتوى على البكتيريا *Bacillus subtilis*)	مكافحة فطريات التربة من خلال معاملة البذور والمشاتل، وجذور الشتلات.
• بيونيماتون Bio-Nematon (يحتوى على الفطر *Paecilomyces lilacinus*)	مكافحة النيماتودا
• بيو باور Bio-Power (يحتوى على الفطر *Beauveria bassiana*)	مكافحة مختلف الحشرات (الديدان - الجعال - الخنافس - البق ... إلخ.
• بيو ماجيك Bio-Magic (يحتوى على الفطر *Metarthizium anisopliae*)	مكافحة مختلف الحشرات (الخناس - الجعال - السوس ... إلخ
• بريورتى Priority (يحتوى على الفطر *Paecilomyces fumosoroseus*)	مكافحة الأكاروس بمختلف أنواعه
• بيوكاتش Bio-Catch (يحتوى على الفطر *Verticillum lecani*)	مكافحة الذبابة البيضاء، والمنّ، والتربس، والبق الدقيقى
• بيودوكون Bio-Dewcon (يحتوى على الفطر *Ampelomyces quisqualis*)	مكافحة البياض الدقيقى والبياض الزغبى
• بيوكيور-بى Bio-Cure-B (يحتوى على البكتيريا *Pseudomonas flourescens*)	الوقاية من أفات الجذور التى تسببها عديد من فطريات التربة، مثل البثيم والرايزكتونيا والبوتريتس والاسكليروشيم
• بيوكيور-إف Bio-Cure-F (يحتوى على الفطر *Trichoderma viride*)	الوقاية من أعفان الجذور التى تسببها عديد من فطريات التربة: مثل البثيم والرايزكتونيا والفيوزاريم والبوتريتس والاسكليروشيم والاسكليروتينيا

التحضير التجارى	الاستخدامات
● Nimbecidine: يحتوى على ٠,٠٣٪ آزاديراكتين Azadirachtin بالإضافة إلى limonoids أخرى، مثل: Salanin، و Meliantriol، و Nimbin وذلك بالنسب التى تتواجد بها طبيعيًا فى النيم.	يستعمل كطارد لكل من الذبابة البيضاء والمن والتربس – ونطاطات الأوراق وحرشفيات الأجنحة.
● بيوست Biocit: مستخلص طبيعى من بذور الحمضيات يحتوى على: palmitic acid، و citric acid، و lactic acid، و ascorbic acid، و oligosaccharides، و glucose، و tocopherols، و vitamins. يستعمل رشًا بمعدل ٧٠–١٠٠ مل/١٠٠ لتر ماء كل ٧–١٤ يومًا.	يحفز المناعة النباتية الطبيعية ضد كل من المسببات المرضية التالية: *Pythium*، و *Botrytis*، و *Pseudomonas*، و *Phytophthora*، و *Corynebacterium*، و *Xanthomonas*، و *Erwinia* وذلك من خلال إنتاج النبات للفيتو ألاكسينات phytoalexins.

طرق مكافحة بعض الأمراض والآفات

يكافح البياض الدقيقى بأى من الوسائل التالية:

١– الرش بالكبريت الميكرونى بمعدل ٢٥٠ جم/١٠٠ لتر ماء.

٢– الرش بالكبريت السائل (مثل المنتج باندل ٨٪) بمعدل ٢٠٠ مل(سم^3)/فدان.

٣– المعاملة بالمركبات الحيوية التى تحتوى على فطر الميكوريزا *Trichoderma harzianum*، مثل بلايت ستوب.

البياض الزغبى:

يكافح البياض الزغبى بأى من الوسائل التالية:

١– المعاملة بمركبات النحاس، مثل دل كب ٦٪ – الذى يحتوى على كبريتات نحاس – بمعدل ٢٥٠ سم^3/١٠٠ لتر ماء.

٢– المعاملة بالمركبات الحيوية التى تحتوى على الفطر *T. harzianum* بمعدل لتر واحد لكل ١٠٠ لتر ماء، أو الفطر *Pythium oligandrum* بمعدل ٢٥٠ جم/١٠٠ لتر ماء.

٣- الرش ببعض المستخلصات النباتية، مثل مستخلص الجوجوبا الذى يسوق تحت الاسم التجارى الكنز ٢٠٠٠ بمعدل ٢٥٠-٥٠٠ مل/١٠٠ لتر ماء، وذلك كل ١٥ يومًا.

الندوات المبكرة والمتأخرة فى البطاطس والطماطم:

تكافح الندوات المبكرة والمتأخرة فى البطاطس والطماطم، كما يلى:

١- الرش بمركبات النحاس، مثل دل كب ٦٪ بمعدل ٢٥٠ مل/١٠٠ لتر ماء.

٢- ثم الرش كل أسبوعين بأحد المركبات الحيوية مثل بلايت ستوب بمعدل لتر واحد/١٠٠ لتر ماء.

الأصداء:

تكافح الأصداء وتبقعات الأوراق وأعفان الثمار بالرش كل أسبوعين بأحد المركبات الحيوية مثل بلايت ستوت بمعدل لتر واحد/١٠٠ لتر ماء، مع ضرورة الرش - كذلك - قبل الحصاد لمكافحة أمراض ما بعد الحصاد.

الديدان خارجية التغذية:

تكافح الديدان التى تتغذى خارجيًا (كتلك التى تتغذى على الأوراق)، بالوسائل التالية:

١- النقاوة اليدوية.

٢- الرش بالبكتيريا *B. thuringensis*.

٣- نشر فرمونات التشتيت (وهى الهرمونات الأنثوية التى تجذب إليها ذكور الفراشات)، فلا يحدث إخصاب للإناث، بسبب تشتت الذكور فى الحقل.

اليرقات التى تتغذى داخليًا:

تكافح اليرقات التى تفقس خارجيًا ثم تدخل مباشرة إلى داخل الأجزاء النباتية (مثل ديدان اللوز، والثاقبات، ودودة درنات البطاطس، وديدان الأزهار) بالمعاملة بالترايكوجراما، وهى طفيل يُنشر فى الحقل فى كروت تحتوى على بيض الطفيل، ويلزم للفدان حوالى ٣٠-٤٠ كارت (يكفى الكارت الواحد لمساحة ١٠٠-١٤٠م^2).

يفقس الطفيل من البيض ويبحث عن بيض الحشرات، حيث يضع الطفيل بيضه عليها فتفقس بيضة الطفيل داخل بيضة الحشرة الضارة ويتغذى على محتوياتها، وبعد الإجهاز عليها يخرج الطفيل من البيضة، ليعيد دورة حياته.

الحشرات الثاقبة الماصة:

تكافح الحشرات الثاقبة الماصة – مثل المنّ والذبابة البيضاء – بالوسائل التالية:

١- استعمال الألواح الصفراء اللاصقة.

٢- الرش بالزيوت المعدنية، مثل كابل ٢ بمعدل لتر واحد/١٠٠-١٥٠ لتر ماء.

٣- الرش بالمركبات الحيوية التي تحتوى على الفطر *Beauveria bassiana* بمعدل لتر واحد/١٠٠ لتر ماء.

٤- الرش بالكبريت الميكروني بمعدل ٢٥٠ جم/١٠٠ لتر ماء.

٥- الرش بالصابون البوتاسي بمعدل لتر واحد/١٠٠ لتر ماء.

الحفارات والدودة القارضة:

تكافح الحفارات والدودة القارضة باستعمال طعم متخمر يحتوى على الشبة أو الجبس. ويحضر الطعم بخلط ٥ كجم جريش ذرة أو ردة، و ٢ لتر مولاس مخفف، و ١٠٠ جم خميرة، ويترك هذا المخلوط ليتخمر لمدة ليلة، ثم يضاف إليه ١/٢ كيلو شبة مطحونة أو جبس ويوزع عند الغروب أو قبله بقليل بجوار قنوات الري؛ فتنجذب الحشرات إلى رائحة التخمر، وتأكل المخلوط المحتوى على الشبة فتموت، أما الجبس فإنه يؤدي إلى انسداد قنواتها الهضمية (عبدالمعطي وآخرون ٢٠٠٤).

الفصل الثالث عشر

تداول المنتجات العضوية بعد الحصاد

مبادئ عامة

تجب المحافظة على سلامة وتمامية المنتج العضوى خلال جميع مراحل تداوله بعد الحصاد باتباع تقنيات خاصة لهذا الغرض، علمًا بأن تعريض المنتجات العضوية للإشعاع غير مسموح به سواء أكان ذلك لغرض مكافحة الآفات، أم الحفظ، أم لقتل مسببات الأمراض.

وتتم مكافحة الأمراض والآفات بعد الحصاد بتطبيق مبدأ المنع أولاً لتجنب وصول الآفة إلى مكان التداول من الأساس. أما إذا ما وصلت الآفة فإنه يجب الاعتماد فى مكافحتها على الوسائل الميكانيكية الفيزيائية والبيولوجية، ولا يُلجأ إلى الوسائل الكيميائية إلا إذا كانت من بين تلك المصرح باستخدامها فى محطات التعبئة ووسائل النقل بصورة عامة، وألا يُسمح بملامستها للمنتجات العضوية.

ومن بين وسائل مكافحة الآفات المصرح بها الموانع الفيزيائية والصوت والموجات فوق الصوتية والضوء والأشعة فوق البنفسجية والمصائد العادية والمصائد الفيرمونية والتحكم الحرارى والجو المتحكم فى مكوناته والتربة الدياتومية.

ويجب اختيار مواد التعبئة من بين تلك التى يمكن أن تتحلل بيولوجيًا ويمكن تدويرها.

ويجب ألاّ تختلط أبدًا المنتجات العضوية مع غيرها من المنتجات العادية أثناء الشحن والتخزين، وألاّ يتلامسا معًا، أو أن تتلامس المنتجات العضوية مع مواد لا يُسمح باستخدامها فى الإنتاج العضوى. كما يجب استعمال المواد المصرح بها مع المنتجات العضوية فقط فى تطهير مخازن ووسائل نقل المنتجات العضوية (CAC ٢٠٠١).

المطهرات المسموح باستعمالها مع منتجات الزراعات العضوية

من بين المنظفات ومواد التطهير المسموح بها فى معاملات بعد الحصاد للمنتجات العضوية ما يلى:

١- حامض الخليك:

يُسمح باستعمال حامض الخليك كمنظف أو مطهر، ويجب أن يكون الخل المستعمل من مصدر عضوى.

٢- الكحول الإثيلى:

يُسمح باستعمال الكحول الإثيلى كمعقم، ويجب أن يُحصل عليه من مصادر عضوية.

٣- كحول الأيزوبروبيل:

يُسمح باستعمال كحول الأيزوبروبيل isopropyl alcohol بصورة مقيدة فى بعض الظروف.

٤- مطهرات الأمونيوم:

من أبرز مطهرات الأمونيوم أملاح رباعى الأمونيوم quaternary ammonium salts، ويسمح باستعمالها مع الأسطح التى تلامس الأغذية وليس مع الأغذية ذاتها، ومع الأجهزة التى تُحدث بها المطهرات الأخرى تآكلاً شديدًا. ويجب أن يتبع التطهير بمركبات الأمونيوم الغسيل بالمنظفات ثم الشطف بالماء. ويجب ألا تظهر عمليات المتابعة أى أثر للأمونيوم قبل بدء تداول المنتجات سابقة التجهيز.

٥- الهيبوكلوريت:

يسمح باستعمال هيبوكلوريت الصوديوم وهيبوكلوريت الكالسيوم وثانى أكسيد الكربوين فى تطهير المنتجات العضوية شريطة ألا يزيد تركيز الكلورين عن ٤-١٠ أجزاء فى المليون حسب الجهة المعتمدة.

٦- المنظفات:

يُسمح باستخدام المنظفات للأجهزة، ويدخل ضمنها - كذلك - الناشرات surfactants والمواد المبللة wetting agents.

٧- فوق أكسيد الأيدروجين:

يُسمح باستعمال فوق أكسيد الأيدروجين hydrogen peroxide كمعقم للماء ومعقم للأسطح، وذلك بتركيز لا يزيد عن ٠,٥٪ (Bachmann & Earles ٢٠٠٠).

٨- الأوزون:

يعد الأوزون آمن الاستخدام للتعقيم السطحي للمنتجات والأجهزة، وقد بدأ منتجي الخضر والفاكهة في استعماله في تانكات تفريغ حمولة المنتج (dump tanks) والتي يمكن أن تكون كفاءته فيها آلاف أضعاف كفاءة الكلورين. يعمل الأوزون على التخلص من جميع الكائنات الدقيقة سواء أكانت مسببات مرضية للإنسان أو للمنتج.

ويعد الأوزون مطهرًا مناسبًا بعد الحصاد، وهو مركب مؤكسد قوى فعال ضد الميكروبات المقاومة للكلورين، وأسرع فاعلية من التركيزات المسموح بها من الكلورين. ولذا .. فإن المعاملة بالأوزون تعد مناسبة — خاصة — لمعاملات التبريد أو الغسيل التي لا تدوم لفترة طويلة. كذلك فإن تفاعلات الأكسدة التي يدخل فيها الأوزون ينتج عنها عددًا أقل من نواتج التفاعلات عما ينتج في حالة الكلورة.

يجب أن يولَّد الأوزون في موقع العمل وقت الاستعمال، مع توفير وسيلة لمراقبة تركيزه، علمًا بأنه لا يبقى ثابتًا في الماء الصافي لأكثر من ٢٠ دقيقة.

٩- حامض بيروكسي الخليك:

يعد حامض بيروكسي الخليك peroxyacetic acid معقمًا للماء ومعقمًا سطحيًا للخضر والفاكهة (Suslow ٢٠٠٠).

ولقد أمكن خفض العدِّ الميكروبي في الكرنب الطازج المجهز fresh-cut بمقدار ٢,٣ لوغاريتم، و ١,٧ لوغاريتم وحدة مكونة للمستعمرات (cfu) لكل جرام بالمعاملة بتركيز ٢ جزء في المليون من ثاني أكسيد الكلورين الغازي، أو بتركيز ٨٠ جزءًا في المليون من peroxyacetic acid على التوالي (Vandekinderen وآخرون ٢٠٠٧).

ونلقى – فيما يلى – مزيدًا من الضوء على استخدام الكلورين مع المنتجات العضوية

إن كل صور الكلورين (مثلاً .. هيبوكلوريت الصوديوم، وهيبوكلوريت الكالسيوم المحبب، وثانى أكسيد الكورين) هى مواد يفيد استعمالها مع منتجات الزراعة العضوية، ويجب ألا يزيد تركيز الكلورين المستخدم عما فى ماء الشرب العادى الآمن، وهو ٤ أجزاء فى المليون من Cl_2 للماء الخارج من عملية الغسيل. ولكن لأسباب تتعلق بالصحة العامة فإن بعض الجهات التى تضع قوانين الإنتاج العضوى سمحت بزيادة التركيز إلى ١٠ أجزاء فى المليون من الكلورين للماء الخارج من عملية التنظيف.

ولأجل أمثل نشاط مضاد للميكروبات مع أقل تركيز من الهيبوكلوريت، فإن pH الماء المستعمل يجب أن يتراوح بين ٦,٥، و ٧,٥. ففى هذا المدى – يتواجد معظم الكلورين على صورة حامض هيبوكلوريس hypochlorous acid (أى HOCl) الذى يعطى أفضل النتائج بالنسبة لقتل الميكروبات فى الوقت الذى يحد فيه من انطلاق غاز الكلورين الخطر والمسبب للالتهابات. ويزيد مستوى غاز الكلورين عن الحدود الآمنة إذا كان المحلول شديد الحامضية.

ويجب أن يستخدم فى تعديل pH الماء مواد طبيعية مثل حامض الستريك، وبيكربونات الصوديوم، والخل.

هذا .. وللحصول على تركيز قدره ١٠٠ جزء فى المليون من الكلورين يضاف ١٦٠ مل (سم^3) من الكلوراكس التجارى لكل ١٠٠ لتر ماء.

وإذا ما استعمل هيبوكلوريت الكالسيوم فإن ذلك يفيد فى تجنب أضرار الصوديوم للمحاصيل الحساسة له (مثل بعض أصناف التفاح)، كما تتوفر أدلة محدودة على أن الطماطم والفلفل الحلو يستفيدان من امتصاصهما للكالسيوم (Suslow ٢٠٠٠).

المعاملات الحرارية

إن الاستجابة للصدمة الحرارية تظهر فى معظم الكائنات الحية على صورة حث أو

زيادة تمثيل بروتينات خاصة تعرف باسم بروتينات الصدمة الحرارية heat shock proteins (اختصارًا: HSPs). ويعتقد بأن هذه البروتينات هى التى توفر القدرة على تحمل الحرارة العالية بحمايتها للبروتينات من الدنترة — التى لا عودة فيها — والتحلل. ولقد تأكد ذلك فى عديد من الأعضاء النباتية بما فى ذلك الثمار. كما وجد أن تعرض النباتات ذاتها لتلك الصدمة الحرارية يؤدى إلى زيادة تمثيل هذه البروتينات فى الثمار، فضلاً عن زيادتها فى الثمار التى تتعرض للصدمة الحرارية بعد الحصاد (Ferguson وآخرون ٢٠٠٠).

ومن المعروف أن المعاملة الحرارية تثبط النضج فى الثمار الكلايمكتيرية مثل الطماطم، على الرغم من أنها تسرع النضج فى المانجو (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

تؤدى المعاملة الحرارية بعد الحصاد إلى تحوير فى التعبير الجينى، كما قد يتأخر — أحيانًا —نضج الثمار أو يصبح أكثر تبكيرًا. ويتوقف مدى التحور فى سرعة نضج الثمار على كل من حرارة التعرض ومدتها، ومدى سرعة تبريد المنتج بعد التعرض للحرارة العالية. ومن بين أكثر مكونات التغيرات المصاحبة للنضج التى يتم قياسها طراوة الثمار، والتغيرات فى الأغشية الخلوية، وفى المذاق، ومعدل التنفس، وإنتاج الإثيلين، وإنتاج المركبات المتطايرة. وأكثر ما يتعطل أو حتى يتوقف إنتاجه جراء المعاملة الحرارية أو يتعطل ظهورها إنزيمات تحليل الجدر الخلوية وإنتاج الإثيلين. أما العمليات الأخرى المرتبطة بالنضج فإنها لا تتأثر كثيرًا بالمعاملة الحرارية، أو أنها سريعًا ما تعود إلى حالتها الطبيعية بعد المعاملة.

وتتأثر حساسية الثمار لمعاملة الصدمة الحرارية بكل من الظروف البيئية التى كانت سائدة قبل الحصاد، والصنف، ومعدل الارتفاع فى درجة الحرارة، وظروف التخزين التالية. ويتوقف مدى الحساسية أو التحمل للشدّ الحرارى على مستوى تواجد البروتينات الحامية من الحرارة عند الحصاد، وعلى إنتاج تلك البروتينات بالمعاملة الحرارية بعد الحصاد.

ويعرف نوعان من الاستجابة للصدمات الحرارية، هما:

١- استجابة خلوية طبيعية للحرارة الأقل من ٤٢°م تقود إلى تقليل الحساسية للبرودة، وتأخير النضج أو إبطاءه وإحداث تغيرات فى الجودة.

٢- تحدث الاستجابة الثانية قريبًا من الدرجة التي يحدث عندها الضرر — وهى التى تزيد عن ٤٥°م — وتتحور بالظروف البيئية السابقة للتعرض لحالة الشدّ، وتتمثل فى فقد الأغشية الخلوية لخصائصها (Paull & Chen ٢٠٠٠).

المعاملات الحرارية التجارية لأجل التخلص من الحشرات الحية

تجرى أكثر المعاملات الحرارية التجارية باستعمال البخار الساخن أو الدفع الجبرى للهواء الساخن بغرض التخلص من التواجد الحشرى بالمنتج insect disinfestation، وتتوفر معاملات خاصة لكل منتج ولكل حشرة (جدول ١٣-١).

ومن الأمثلة على ذلك معاملات ثمار المانجو المكسيكية التي قد تكون مصابة بذباب الفاكهة ويتواجد بها يرقات الذباب وبيضه. وتجرى المعاملة الحرارية إما بطريقة الدفع الجبرى للهواء الساخن، وإما بالغمر فى الماء الساخن قبل التخزين والشحن. يستمر تعريض الثمار للهواء الساخن حتى يصل مركزها إلى حرارة ٤٨°م. أما معاملة الغمر فى الماء الساخن فتتوقف مدتها على حجم الثمار وتتراوح بين ٤٥، و ٩٠ دقيقة، حيث تصل حرارة مركز الثمرة إلى ٤٦,١°م.

وتختلف معاملة التعريض للبخار الساخن عن التعريض للهواء الساخن المدفوع جبريًا فى أن الرطوبة تتجمع على سطح الثمرة عند اتباع الطريقة الأولى، مع نقل قطرات الماء للحرارة بكفاءة أعلى عما ينقلها الهواء؛ بما يسمح بتسخين الثمار بسرعة أكبر، ولكن تلك المعاملة قد تحدث أضرارًا فيزيائية بالثمار. وفى هاواى تعامل ثمار الباباظ بالبخار الساخن قبل تصديرها إلى اليابان.

ويمكن تطهير ثمار الموالح بالغمر فى الماء الساخن على ٤٤°م لمدة ١٠٠ دقيقة يسبقها نحو ٩٠ دقيقة أخرى لكى ترتفع حرارة الماء إلى ٤٤°م. هذا .. إلاّ أن تطهير ثمار الموالح

يتم عادة بتعريضها لحرارة صفر إلى ٢,٢°م لمدة ١٠-١٦ يومًا قبل رفع الحرارة إلى حرارة التخزين العادية التى تتراوح بين ٦، و ١١°م حسب الصنف. ونظرًا لحساسية الموالح لأضرار البرودة، فإن الثمار تحفظ — عادة — على حرارة ٢٠°م أو ١٦°م لمدة ٣ إلى ٥ أيام قبل تعريضها للحرارة المنخفضة. تؤدى المعاملة الأخيرة إلى تقليل قابلية الثمار للإصابة بأضرار البرودة لدى تعريضها بعد ذلك لمعاملة التطهير بالحرارة المنخفضة.

هذا .. وتوجه أكثر من ٥٠٪ من معاملات التطهير من الإصابات الحشرية نحو تخليصها من بيض ويرقات ذبابة الفاكهة (Lurie & Klein ٢٠٠٤).

جدول (١٣-١): المعاملات الحرارية للتخلص من الحشرات فى ثمار الخضر والفاكهة.

الحشرات	الأسم العلمى	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
ذباب الفاكهة				
Caribbean fruit fly	*Anastrepha suspense*	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
		المانجو	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
		برتقال	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
Mediterranean fruit fly	*Ceratitis capitata*	زبدية	المعاملة بالهواء الساخن	40°/24 h
		مانجو	حرارة عالية جدًا	47°/15 min
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
Melon fruit fly	*Dacus cucurbitae*	زبدية	المعاملة بالهواء الساخن	40°/ 24 h
	Bactrocera cucurbitae		المعاملة بالهواء الساخن	
		خيار	المعاملة بالهواء الساخن ثم بالماء الساخن	32.5°/24 h then 45-46°/50-60 min
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
		كوسة	حرارة عالية جدًا	

تابع جدول (١٣-١).

الحشرات	الاسم العلمى	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
Mexican fruit fly	*Anastrepha ludens*	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	44°/2 h in 1% O_2
	Bactrocera cucumis	كوسة	حرارة عالية جدًا	45°/ 30 min
Oriental fruit fly	*Dacus dorsalis*	خيار	المعاملة بالهواء الساخن	32.5°/24 h then 45-46°/ 50-60 min
	Bactrocera dorsalis		المعاملة بالماء الساخن	
		باباظ	المعاملة بالهواء الساخن	47.2° at pulp for 3.5 h
Papaya fruit fly	*Bactrocera payapae*	مانجو	حرارة عالية جدًا	47°/ 15 min
Queensland fruit fly	*Bactrocera tyroni*	مانجو	حرارة عالية جدًا	46.5°/ 10 min
			المعاملة بالماء الساخن ثم حرارة عالية جدًا	53°C/ 15 min then 47°C/ 15 min
حشرات أخرى				
Coddling moth	*Cydia pomonella*	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن أو حرارة عالية جدًا	44°/120 min then 0°/4 weeks
		كريز	المعاملة بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	47°/44 min in 1% O_2; 15% CO_2
		كمثرى	المعاملة بالهواء الساخن أو حرارة عالية جدًا	44°/120 min then 0°/4 weeks
			المعاملة بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	30°/ 30 h in 0.3% O_2
Fuller's rose beetle	*Asynonychus godmani*	ليمون أضاليا	المعاملة بالماء الساخن	52°/8 min
Leafroller	*Cnephasia jactatana*	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	40°/10 h in 0.4% O_2 45°/5 h in 0.4% O_2
	Ctenopseustis obliquana	الكيوى	المعاملة بالهواء الساخن	40°/5-7 h in 0.4% O_2

تابع جدول (١٣-١).

الحشرات	الاسم العلمى	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
			جو متحكم فيه	40°/6 h in 2% O_2; 5% CO_2
Light brown apple moth	*Epiphyas postvittana*	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن جو متحكم فيه	40°/17-20 h in 1.2% O_2; 1% CO_2
		كيوى	المعاملة بالماء الساخن وإيثانول	45°/13 min in 50% ethanol
			المعاملة بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	
		كمثرى	المعاملة بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	30°/30 h in 0.3% O_2
Longtailed mealybug	*Pseudococcus longispinus*	كاكى	العاملة بالماء الساخن أو أو العاملة بالهواء الساخن	48°/26 min or 50°/22 min
New Zealand flower thrips	*Thrips obscuratus*	مشمش	العاملة بالماء الساخن	48°/3 min then 50°/2 min
		نكتارين		
		خوخ		
Obscure mealybug	*Pseudococcus affinis*	تفاح	العامل بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	40°/10 h in 0.4% O_2
				45°/5 h in 0.4% O_2
Oriental fruit moth	*Grapholita molesta*	كمثرى	العامل بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	30°/30 h in 0.3% O_2
Two spotted spider mite	*Tetranychus urticae*	تفاح	العاملة بالماء الساخن وإيثانول	45°/13 min in 50% ethanol
		كيوى	العامل بالهواء الساخن وجو متحكم فيه	44°/211 min

تابع جدول (١٣-١).

الحشرات	الأسم العلمى	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
		كاكى	المعاملة بالماء الساخن	47°/67 min
White peach scale	*Pseudaulacaspis pentagona*	باباظ	حرارة عالية جدًا	47.2°/4 h

المعاملات الحرارية التى تجرى بهدف مكافحة الإصابات المرضية

تعد المعاملة الحرارية لمنتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد وسيلة مناسبة لمكافحة الأعفان أثناء الشحن التخزين. ويمكن إجراء تلك المعاملة بالغمس فى الماء الحار، أو بالتعريض لحرارة البخار أو للهواء الساخن، أو للشطف بالماء الساخن مع التفريش brushing لفترة قصيرة (جدول ١٣-٢).

جدول (١٣-٢): المعاملات الحرارية للتخلص من الفطريات الممرضة والحماية منها (عن Lurie & Klein ٢٠٠٤).

الفطر	المرض	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
Alternaria alternata	البقعة السوداء	جزر	شطف وتفريش بالماء الساخن	100°/3 sec
		المانجو	شطف وتفريش بالماء الساخن	60-70°/15-20 sec
	العفن الأسود	فلفل	المعاملة بالماء الساخن	50°/3 min
Botrytis cinerea	العفن الرمادى	تفاح	المعاملة بالهواء الساخن وكلوريد كالسيوم	38°/4 days and $CaCl_2$ dip
		فلفل	المعاملة بالماء الساخن	50°/3 min
		فراولة	المعاملة بالماء الساخن	45°/15 min
		طماطم	المعاملة بالماء الساخن	50°/2 min
			المعاملة بالهواء الساخن	38°/2 days

تابع جدول (١٣-٢).

الفطر	المرض	المحصول	المعاملة	الحرارة (ْم)/الوقت
Botryodiplodia theobromae	أعفان الساق وسطح باباظ الثمرة		المعاملة بالهواء الساخن	49°/20 min
				32°/30 min then 49°/20 min
Chalara paradoxa	عفن التاج	موز	المعاملة بالماء الساخن	45°/20 min or 50°/10 min
Colletotrichum gloeosporioides	الأنثراكنوز	مانجو	حرارة عالية جدًا	46-48°/24 sec – 8 min
			المعاملة بالماء الساخن	
			المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
Diplodia natalensis	عفن طرف العنق	مانجو	المعاملة بالهواء الساخن	51.5°/125 min
			المعاملة بالماء الساخن	
Mycospharella spp.	أعفان الساق وسطح باباظ الثمرة		المعاملة بالهواء الساخن	49°/20 min
				42°/30 min then 49°//20 min
Penicillium digitatum	العفن الأخضر	جريب فروت	المعاملة بالهواء الساخن	46°/6 h
			شطف وتفريش بالماء الساخن	59-62°/15 sec
		ليمون أضاليا	المعاملة بالهواء الساخن	36°/3 days
			المعاملة بالماء الساخن + كربونات الصوديوم	45°/150 sec + 2% Na_2CO_3
		برتقال	المعاملة بالماء الساخن	53°/3 min

تابع جدول (١٣-٢).

الفطر	المرض	المحصول	المعاملة	الحرارة (°م)/الوقت
			العاملة بالماء الساخن + كربونات الصوديوم	41-43°/1-2 min + 6% Na_2CO_2
Penicillium expansum	العفن الأزرق	تفاح	العاملة بالهواء الساخن وكلوريد الكالسيوم	38°/4 days + 4% $CaCl_2$
			العاملة بالهواء الساخن	38°/4 days
Rhizopus stolonifer		طماطم	العاملة بالماء الساخن	50°/2 min

تؤثر المعاملة الحرارية بصورة مباشرة بإبطاء استطالة الأنابيب الجرثومية، أو بوقف نشاط الجراثيم النابتة أو قتلها، وبذا يقل الحمل الجرثومى وتقل الأعفان.

كذلك يمكن أن تؤثر المعاملة الحرارية على الأعفان بصورة غير مباشرة من خلال الاستجابات الفسيولوجية للأنسجة النباتية، تتضمن إنتاج مركبات مضادة للفطريات تثبط تطورها فى النسيج النباتى، أو إنتاج مركبات تسرع من التئام الجروح. ويمكن للمعاملة الحرارية حث إنتاج البروتينات ذات العلاقة بهذا الشأن، مثل الشيتينيز chitinase، و β-1,3 glucanase، كما يمكنها تثبيت وضع الأغشية الخلوية، أو منع تمثيل الإنزيمات المحللة للجدر الخلوية (إنزيمات البولى جالاكتيرونيز polygalacturonases)، وتأخير معدل تحلل المركبات المضادة للفطريات السابقة التكوين فى الأنسجة النباتية.

وتؤثر معاملة ثمار الحمضيات بالصدمة الحرارية بعد الحصاد فى إنتاج الكيومارينات coumarins المضادة للفطريات فى قشرتها. وفى الليمون الأضاليا أدت المعاملة الحرارية إلى إنتاج الـ scoparone بعد التعرض للإصابة بالفطر *Penicillium* sp.، وقد ارتبط هذا التراكم معنويًا بالمقاومة (Da Rocha & Hammerschmidt ٢٠٠٥).

كذلك فإن المعالجة – كمعاملة حرارية – يمكن أن تؤدى إلى اختفاء الصفائح الشمعية التى تتواجد طبيعيًّا على سطح الثمار غير المعاملة، مما يجعل سطح الثمار أكثر تجانسًا، حيث تمتلئ جزئيًّا أو كليًّا التشققات الأديمية والجروح الدقيقة ومعظم الثغور بالشمع المنصهر، كذلك تُحاط الجراثيم فى المراحل المبكرة لإنباتها بذلك الشمع؛ مما يوقف نشاطها، وكل ذلك مما يعد عوامل إضافية تساعد فى حماية الثمار من الإصابة بالأعفان (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

وتقسم المعاملات الحرارية التى تجرى بهدف التخلص من الإصابات المرضية إلى فئتين:

١- المعاملة لفترة قصيرة لا تزيد عن الساعة – فى الماء – على حرارة ٤٥-٦٠°م.

٢- المعاملة لفترة طويلة تستمر من ١٢ ساعة إلى أربعة أيام فى الهواء على حرارة ٣٨-٤٦°م، وتلك هى التى يطلق عليها – غالبًا – اسم معاملة المعالجة.

ونظرًا للتكلفة العالية لعاملة المعالجة – والتى تستلزم تعريض كل المنتج للحرارة العالية لمدة قد تصل إلى ثلاثة أيام – فإن المعاملة الأكثر شيوعًا هى الغمر فى الماء على حرارة ٥٠-٥٣°م لمدة ٢-٣ دقائق. ولقد أثبتت هذه المعاملة فاعليتها مع عديد من الثمار.

تفيد المعاملة بالماء الساخن قبل التخزين مع عديد من الخضر والفاكهة الاستوائية وتحت الاستوائية وكذلك خضر وفاكهة المناطق الباردة. ومن أبرز مميزات تلك المعاملة سهولة تطبيقها، وقِصَر فترة المعاملة، وإمكان مراقبة حرارة الماء والمنتج بدقة، وقتل الكائنات المسببة للأعفان التى تُحمل سطحيًّا. هذا بالإضافة إلى أن تكلفة إنشاء وحدة تجارية للمعاملة بهذه الطريقة تبلغ نحو ١٠٪ من تكلفة وحدة مماثلة للمعاملة بالبخار.

وتجرى المعاملة بالماء الساخن إما بطريقة الغمر، وإما بالشطف والتفريش. يجرى الغمر فى "تانكات" كبيرة تحتوى على ماء ساخن يتم التحكم فى حرارته بمنظم

للحرارة، وتزود التانكات بنظام التحريك ودوران الماء لضمان تجانس درجة الحرارة. أما طريقة الشطف والتفريش – وهى التى بدأ اتباعها تجاريًا فى عام ١٩٩٦ – ففيها يُشطف المنتج بماء ساخن دوّار (يُعاد دورانه) يدفع تحت ضغط من بشابير علوية، بينما يتدحرج المنتج على فرش متوسطة النعومة (شكل ١٣-١).

تغسل الثمار أولاً بدش علوى من ماء الصنبور غير الساخن والذى لا يُعاد استخدامه، بينما يتم تفريشه فى الوقت ذاته لمدة حوالى ١٠ ثوان؛ بهدف التخلص من الأتربة والمبيدات والجراثيم الفطرية التى توجد على سطح المنتج. تستمر الثمار فى التدحرج فوق الفرش إلى أن تصل إلى الجزء الذى تغسل فيه بماء تحت ضغط يُعاد استخدامه يمكن أن تتراوح حرارته – حسب المحصول والصنف – بين ٤٨، و ٦٣°م لمدة ١٠-٢٠ ثانية.

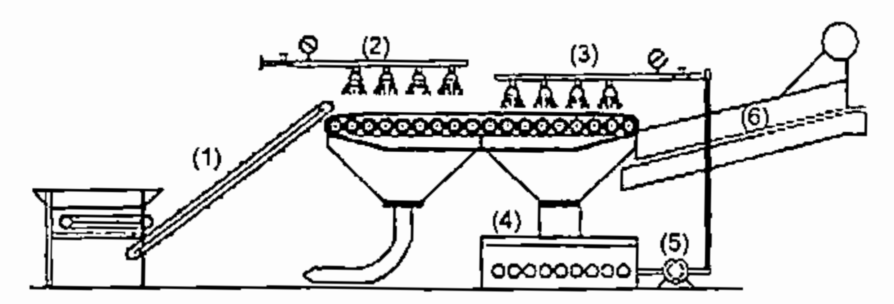
ويلى الغسيل بالماء الساخن تجفيف الثمار بالهواء المدفوع بواسطة مراوح لفترة تقل عن دقيقتين داخل أنفاق بطول ٣-٤ أمتار.

وعمومًا .. لوحظت أضرار الحرارة عندما كانت حرارة الماء المستخدم تزيد عن ٦٠°م. وحُصِلَ على أحسن النتائج عندما كانت فرش التنظيف تدور بمعدل ٦٠ دورة فى الدقيقة.

وتستخدم معاملة الغمر فى الماء الساخن لأغراض الحجر الزراعى باستعمال ماء تتراوح حرارته بين ٤٣، و ٤٩°م مع الغمر لمدة تتراوح بين عدة دقائق إلى ساعتين، وتتوقف الفترة على حجم الثمار، حيث تزداد المدة بزيادة حجم الثمرة. ولقد ساعدت هذه المعاملة فى التخلص من عدد من الآفات فى عدد من المحاصيل مثل الموالح، والباباظ، والكرامبولا والتفاح.

ولقد أدى غمر ثمار الفلفل الأخضر فى الماء الساخن على ٥٣°م لمدة ٤ دقائق قبل التخزين إلى الحد من الإصابة بالأعفان لمدة ٢٨ يومًا من التخزين على ٨°م. ويتطلب الأمر تعبئة الثمار فى الأغشية لمنع فقدها للرطوبة والمحافظة على جودتها. كذلك فإن غسيل الفلفل بالماء الساخن على ٥٥°م لمدة ١٢ ثانية – مع التفريش – بعد الحصاد

مباشرة خفّض جوهريًا من الإصابة بالأعفان مع المحافظة على الجودة مقارنة بما حدث في الثمار التي لم تعامل (Fallik ٢٠٠٤).



شكل (١٣-١): آلة شطف وتفريش الثمار بالماء الساخن: (١) سير متحرك، (٢) وحدة الشطف والتفريش بماء الصنبور، (٣) وحدة الشطف والتفريش بالماء الساخن الذى يُعاد استخدامه، (٤) خزان الماء الساخن، (٥) مضخة لضخ وإعادة استخدام الماء الساخن، (٦) مجفف بالدفع الجبرى للهواء (Fallik ٢٠٠٤).

كذلك وجد أن غمس ثمار الفلفل الحلو الحمراء المصابة طبيعيًا بأى من الفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى، أو الفطر *Alternaria solani* مسبب مرض العفن الأسود، أو الثمار المحقونة (المعدية) بأى من الفطرين .. أدى غمسها فى الماء على حرارة ٥٠°م لمدة ثلاث دقائق إلى وقف نمو الفطر *B. cinerea* كلية، وإلى تقليل العفن الذى سببه الفطر *A. solani* جوهريًا. هذا .. وقد لوحظت أضرار للحرارة العالية على الثمار عندما كان غمسها فى الماء على حرارة ٥٠°م لمدة خمس دقائق، أو على حرارة ٥٥°م لمدة دقيقة واحدة، أو لمدة تزيد عن ذلك، وكانت الأضرار على صورة تشققات ونقر ظهرت على سطح الثمرة (Fallik وآخرون ١٩٩٦).

وعمومًا .. فإن معاملة الغسيل بالماء الساخن مع التفريش تكون مُصاحَبة — غالبًا — بانخفاض قدره ٣-٤ لوغاريتم فى الحمل الميكروبى للخضر والفاكهة الطازجة.

ومن بين التأثيرات الأخرى التى لوحظت لمعاملة الماء الساخن مع التفريش تأخير نضج الثمار، وانخفاض معدلى التنفس وإنتاج الإثيلين أثناء التخزين، وظهر التأخير فى

النضج على صورة تثبيط للتلوين فى الكنتالوب والطماطم. كذلك انخفض نشاط إنزيمات الـ polygalacturonase، والـ exo-cellulase، والـ endo-cellulase فى ثمار الفلفل التى عوملت بالماء الساخن مع التفريش، وذلك أثناء التخزين. هذا فى الوقت الذى أدت فيه معاملة ثمار الفلفل الأخضر على ٥٣°م لمدة ٤ دقائق إلى منع ظهور أضرار البرودة بعد ٤ أسابيع من التخزين على ٨°م (Fallik ٢٠٠٤).

وعند اقتران المعاملة الحرارية مع المبيدات — مثل الـ imazalil والـ thiabendazole — فإن ذلك يزيد من فاعلية المبيدات ويقلل من الجرعة التى تلزم استخدامها منها؛ بسبب زيادة المعاملة الحرارية لسرعة نفاذية المبيد من خلال أديم الثمار.

وفى ثمار الأفوكادو يتواجد المركب diene المضاد للفطريات فى الجدار الثمرى الخارجى .. هذا المركب ينخفض تركيزه إلى أن يختفى مع نضج الثمرة. وفى الوقت ذاته يمكن أن يتواجد بالثمار إصابات كامنة (غير نشطة) بالفطر *Colletotrichum gloeosporioides*. وتؤدى المعاملة الحرارية الجافة إلى تأخير نضج ثمار الأفوكادو، بينما يؤدى غمس الثمار فى حرارة ٥٥°م لمدة ١٠ دقائق إلى إسراع ظهور أعراض المرض وكذلك إسراع تحلل المركب diene.

وتجدر الإشارة إلى أن تأثير المعاملة الحرارية يكون بتثبيط نشاط الفطر (fungistatic effect) وليس بقتله (fungicidal effect) (Schirra وآخرون ٢٠٠٠).

المعاملات الحرارية التى تهدف إلى الحد من أضرار البرودة

يؤدى التعرض للبرودة فى المحاصيل الحساسة لها إلى حدوث تغير فى سرعة عديد من التفاعلات الأيضية، وفيما يترتب عليها من نواتج أيضية، وإلى حث تمثيل إنزيمات ومرافقات إنزيمية خاصة. ويبدو أن بعض المعاملات — مثل التدفئة المتقطعة intermittent warming — تُقلل من حدوث أضرار البرودة لأنها تغير من الاتجاه نحو تمثيل تلك المركبات السامة وتسمح بإصلاح المكونات الخلوية المضارة.

معاملات الهواء المعدل لأجل التخلص من الحشرات الحية

وجد أن التركيزات المنخفضة من الأكسجين وكذلك التركيزات المرتفعة من ثانى أكسيد الكربون أو كلاهما معًا يفيدان فى التطهير من الإصابات الحشرية، إلاّ أن فترة المعاملة التى تلزم للتخلص التام من الحشرات تختلف باختلاف النوع الحشرى، والطور الحشرى المتواجد، ودرجة الحرارة أثناء المعاملة، وتركيز الأكسجين وثانى أكسيد الكربون، والرطوبة النسبية.

ويتحدد تحمل الخضر والفاكهة لتركيز ٥٠٪-٩٠٪ ثانى أكسيد كربون بمدى حساسيتها لأضرار ثانى أكسيد الكربون التى تظهر – عادة – بعد نحو ٣-٨ أيام من بدء المعاملة. كذلك يعد تكون الروائح الكريهة والطعم غير المقبول من عيوب التعريض لتركيز من الأكسجين يقل عن ١٪.

وعلى الرغم من تلك الأضرار المحتملة فإن كثيرًا من الحشرات يمكن التخلص منها قبل ظهور الأعراض، بما يسمح بالاستفادة من هذه المعاملة لأغراض الحجر الزراعى (Ke & Kader ١٩٩٢).

المعاملة بالزيوت الأساسية لأجل مكافحة الأمراض

تلعب الزيوت الأساسية دورًا كمضادات فطرية، واستخدم بعضها لهذا الغرض فى دراسات بعد الحصاد. ومن أهم مميزاتها صلاحيتها للاستعمال فى صورة أبخرة، ويعتقد بأنها تلعب دورًا فى آليات الدفاع النباتى ضد الكائنات الدقيقة المرضة.

وقد اختبر تأثير عديد من المكونات المتطايرة لبعض الزيوت الأساسية على نمو كثير من الفطريات – التى تسبب مشاكل مرضية لمنتجات الخضر والفاكهة بعد الحصاد – وذلك فى البيئة الصناعية. تضمنت المكونات المتطايرة ما يلى:

(E)-anethole	p-anisaldehyde	carvacrol
(-)-carvone	1,8-cineole	(+)-limonene
myrcene	(+/-)-alpha-phellandrene	(+)-alpha-pinene

أما الفطريات التى أجرى عليها الاختبار فقد اشتملت على مايلى:

Monilina laxa	*Botrytis cinerea*
Panicillium digitatum	*Mucor piriformis*
Penicillium expansum	*Penicillium italicum*
	Rhizopus stolonifer

ولقد حُصل على أفضل النتائج باستعمال الـ carvacrol (وهو فينول)؛ فعند تركيز ١٢٥ جزءًا فى المليون توقف نمو جميع الفطريات بصورة تامة ونهائية (بفعل fungicidal أى قاتل للفطريات) فيما عدا بالنسبة للفطر *P. italicum*، كذلك توقف إنبات جراثيم *M. laxa*، و *M. piriformis*، و *R. stolonifer* عند نفس التركيز، ولكن ليس عند تركيز ٦٢ جزءًا فى المليون.

كذلك ظهر تأثير موقف مؤقت للنمو الفطرى (fungistatic) عندما كانت المعاملة بأى من المركبات *p*-anisaldehyde (وهو ألدهايد)، أو (-)-carvone (وهو كيتون)، أو -(E) anethole (وهو إثير ether) عند ٢٥٠–١٠٠٠ جزء فى المليون، وذلك بترتيب تنازلى لتأثير تلك المركبات (Caccioni & Guizzardi ١٩٩٤).

وأوضحت عديد من الدراسات فاعلية بعض الزيوت الأساسية فى وقف نمو الفطر *Botrytis cinerea*. ومن بين الزيوت التى تأكد جدواها فى هذا الشأن كلاً من الزعتر الأحمر *Thymus zygis*، والفصوص البرعمية لـ *Eugenia caryophyllata*، وأوراق القرفة *Cinnamomum zeylanicum*. كذلك فإن الزيت الأساسى لكل من *Monarda citrodora*، و *Melaleuca alternifolia* تظهر نشاطًا مضادًا لمدى واسع من الفطريات التى تصيب الخضر والفاكهة بعد الحصاد.

ويبدو أن تأثير الزيوت لا يرجع إلى مركب واحد بعينه فى الزيت الأساسى، وإنما إلى تأثير تداؤبى synergistic لعدد من تلك المركبات، وهى التى تتواجد فى كل زيت — عادة — بالعشرات وربما بالمئات (Sydney Postharvest Laboratory Information Sheet — الإنترنت — ٢٠٠٧).

وقد أدى غمس ثمار الطماطم فى مستحلب زيت الزعتر thyme بتركيز ٥٪ أو زيت الـ oregano بتركيز ١٠٪ إلى خفض إصابتها أثناء التخزين بكل من الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Alternaria arborescens* (Plotto وآخرون ٢٠٠٣).

كما أدت معاملة ثمار الطماطم بالمركب trans-cinnamaldehyde بتركيز ١٣ مللى مول (وهو مركب يتواجد طبيعيًّا فى النباتات) إلى خفض أعداد البكتيريا والفطريات على سطح الثمرة إلى العُشر عندما كان غمس الثمار لمدة ١٠ دقائق، وإلى تأخير ظهور أى نموات فطرية لمدة أسبوع كامل عندما كان الغمس لمدة ٣٠ دقيقة مع حفظ الثمار بعد ذلك فى جو معدل على ١٨°م، علمًا بأن *Penicillium* sp. كان هو الفطر السائد على كأس الثمار المخزنة (Smid وآخرون ١٩٩٦).

وفى الكمثرى .. أمكن مكافحة الفطر *Penicillium expansum* — مسبب مرض العفن الأزرق — فى الثمار المخزنة بالمعاملة بأبخرة بعض المركبات المتطايرة ذات الأصول النباتية، مثل:

carvacrol	trans-2-hexenal
citral	trans-cinnamaldehyde

وكانت أفضل المعاملات فى مكافحة الفطر هى التعريض لأبخرة trnas-2-hexanal بمعدل ١٢,٥ ميكروليتر/لتر على مدى ٢٤ ساعة تبدأ بعد ٢٤ ساعة من الحقن بالفطر المرض (Neri وآخرون ٢٠٠٦).

ومن بين الزيوت الأساسية التى أعطت نتائج إيجابية فى هذا المجال الثيمول thymol الذى يُتحصل عليه من الزعتر thyme (وهو: *Thymus capitatus*)، والذى استخدم فى تبخير الكريز لحمايته من الإصابة بالعفن الرمادى (*B. cinerea*) والعفن البنى (*Monilia fructicola*) بتركيزات ٣٠، و ٤ مجم/لتر للفطرين، على التوالى. هذا .. مع العلم بأن الثيمول يدخل ضمن غذاء الإنسان وكإضافات للأغذية.

كذلك استخدم الكارفون carvone- الذى يُتحصل عليه من الزيت الأساسى للنبات

Carum carvi – تجاريًا في منع تزريع البطاطس في المخازن إضافة إلى أنه وفر لها حماية من الإصابة بالأعفان، وهو يتوفر تجاريًا في هولندا تحت الاسم التجارى TALENT (عن Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

هذا .. ويمكن أن تنتقل يرقانة القواقع slugs (*Deroceras reticulatum*) مع درنات البطاطس من الحقول إلى المخازن إذا ما كان الموسم رطبًا وأُجرى الحصاد والتربة رطبة، حيث تنتقل اليرقانة مع الطين الذى قد يكون ملتصقًا بالدرنات؛ بما يعنى استمرار حدوث الأضرار في المخازن. وقد وجد أن معاملة الدرنات المخزنة بمانع التبرعم المحتوى على الكارفون carvone (التحضير التجارى Talent) بمعدل ٥٠ مل من المركب التجارى لكل طن من الدرنات أدت إلى مكافحة اليرقانات في خلال أيام قليلة (Ester & Trul ٢٠٠٠).

وإضافة إلى ما تقدم بيانه فقد أثبتت الزيوت الأساسية لنباتات أخرى جدواها في حماية بعض المنتجات البستانية من الإصابة بالأعفان بعد الحصاد، وكان منها (عن Tripathi & Dubey ٢٠٠٤):

Mentha arvensis

Salvia officinalis

Zingiber officinale

وقد دُرِس تأثير المعاملة بخمسة زيوت أساسية (هى تلك الخاصة بالزعتر thyme، والمريمية sage، وجوزة الطيب nutmeg، الإيوكابتس eucaptus، والسِّنا cassia) ضد الفطر *Alternaria alternata*، وظهر لكل من زيت السِّنا والزعتر نشاط مضاد للفطر، ولكن بدرجة أكبر لزيت السِّنا وذلك عندما استعمل بتركيز ٣٠–٥٠٠ جزء في المليون (Feng وآخرون ٢٠٠٧).

المعاملة بمركبات حيوية مضادة للفطريات والبكتيريا

حامض الخليك

يفيد التبخير بحامض الخليك كوسيلة للتعقيم السطحى لمنتجات الخضر والفاكهة

الطازجة، وهو منتج طبيعى لا ضرر منه على صحة الإنسان. ولا يقتصر فعل حامض الخليك على خفض الرقم الأيدروجينى فقط، وإنما يتعداه إلى اختراقه للخلايا الميكروبية، وإحداث سميته فيها. ولقد أفادت المعاملة بأبخرة حامض الخليك فى مكافحة عديد من الأعفان فى التفاح والعنب والمشمش والبرقوق والكريز (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

وأوضحت دراسات Sholberg & Gaunce (١٩٩٥) أن تبخير ثمار بعض المحاصيل (الطماطم، والتفاح، والعنب، والبرتقال، والكيوى) بعد الحصاد بحامض الخليك Acetic Acid بتركيزات تراوحت بين ٢,٠ و ٤,٠ مجم/لتر من الهواء (بعد حقنها بفطريات متنوعة؛ هى: *Botrytis cinerea*، و *Penicillium expansum*، و *P. italicum*) منع تعفنها دون أن تحدث أية تأثيرات سلبية بها وقد أدت زيادة الرطوبة النسبية (من ١٧٪ إلى ٩٨٪) إلى زيادة فاعلية المعاملة عندما أجريت على أى من ٥°م أو ٢٠°م.

حامض الأوكساليك

أفاد غمر ثمار المانجو فى محلول حامض أوكساليك بتركيز ٥ مللى مولار لمدة ١٠ دقائق على ٢٥°م ثم تخزينها على ١٤° ± ١°م لمدة خمسة أسابيع فى تثبيط تدهور الثمار وإطالة فترة الصلاحية للتخزين، وذلك من خلال تأخير اكتمال نضج الثمار، بالإضافة إلى تثبيط إصابتها بالفطر *Colletotrichum gloesporioides* (Zheng وآخرون ٢٠٠٧).

الجلوكوسينولات

تعد الجلوكوسينولات glucosinolates من المركبات الطبيعية ذات النشاط المضاد للميكروبات، وهى مجموعة تتضمن نحو ١٠٠ مركب تنتجها الصليبيات. يؤدى تحلل الجلوكوسينولات إلى إنتاج الـ D-glucose وأيون الكبريتات وسلسلة من المركبات مثل الأيزوثيوسيانات isothiocyanate، والثيوسيانات thiocyanate، والنيتريل nitrile. ولقد تأكدت سمية الجلوكوسينولات التى تم اختبارها ضد بعض الكائنات الدقيقة المسببة للأعفان بعد الحصاد فى الكمثرى (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

البروبولس

إن البروبولس propolis منتج راتينجى طبيعى يُحصل عليه من براعم وقلف الحور وأشجار الصنوبر. يحتوى البروبولس على بروتين، وأحماض أمينية، وفيتامينات، وعناصر، وفلافونات، ويتميز بكونه مضاد حيوى لكل من الفطريات والبكتيريا وقدرته على الحد من بعض مسببات الأعفان بعد الحصاد مثل *Botrytis cinerea*، و *Penicillium expansum* (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

مستخلصات الفطر *Fusarium semitectum*

يستعمل الفطر *Fusarium semitectum* – الذى يعيش فى التربة – فى المكافحة الحيوية. وقد عُزِل منه مركبان، هما: fusapyrone، و deoxyfusapyrone وجد أنهما يحدان من نمو الفطر *Botrytis cinerea* – مسبب مرض العفن الرمادى – فى كل من البيئات الصناعية والعنب. وقد استخدم الـ fusapyrone بتركيز ١٠٠ جزء فى المليون – بنجاح – مع العنب فى منع الإصابة بالعفن الرمادى. ونظرًا لضعف سمية هذين المركبين للإنسان والحيوان، وعدم سميتهما للنباتات، فإن استعماله على نطاق تجارى آخذ فى الانتشار على العنب وغيره من المحاصيل (Tripathi & Dubey ٢٠٠٤).

الشيتوسان

إن الشيتوسان chitosan صورة ذائبة من الشيتين chitin. ويتميز الشيتوسان والمركبات التى تشتق منه بكونها قادرة على حماية النباتات من الإصابات الفطرية بما لها من قدرة على أن تكون مضادة لها. يمكن لتلك المركبات بتركيزات شديدة الانخفاض أن تستحث آليات دفاعية فى النباتات ضد المسببات المرضية، ويمكن استعمالها على صورة محاليل، أو ساحيق، أو كأغلفة للبذور والثمار (Tipathi & Dubey ٢٠٠٤).

يعد الشيتوسان أحد المكونات الهامة للجدر الخلوية لبعض مسببات الأمراض الفطرية.

ويُستخلص الشيتوسان من محارات الأحياء البحرية، كما ينتج من الشيتين chitin

الذى يتواجد بالهيكل الخارجى للحشرات، وهو مركب عديد التسكر ذات وزن جزيئى عالٍ وقابل للذوبان فى الأحماض العضوية المخففة. هذا المركب غير سام وآمن بيولوجيًا، ويعدُ من أفضل المركبات التى يمكن استعمالها فى تغليف ثمار الخضر والفاكهة الطازجة لمنع فقدها للرطوبة وتحوير تركيب جوها الداخلى، فضلاً عما يحدثه المركب من حث لإنتاج إنزيم الشيتينيز chitinase الذى يعمل كإنزيم دفاعى.

ولقد وجد أن استعمال الشيتوسان بتركيز ١٪ أو ٢٪ (وزن/حجم) كغلاف لثمار الفراولة أدى إلى خفض أعفان الثمار جوهريًا عند تخزينها على ١٣ ْم، وأحدث زيادة جوهرية فى نشاط كل من الشيتينيز، و β-1,3-gluconase مقارنة بما حدث فى معاملة الكنترول. ولقد كان تأثير استعمال الشيتوسان فى مكافحة الأعفان التى يسببها الفطرين *Botrytis cinerea*، و *Rhizopus* spp. مماثلاً — تقريبًا — لتأثير المعاملة بالمبيد الفطرى TBZ. وفضلاً عن ذلك كان للشيتوسان تأثيرات إيجابية على كل من صلابة الثمار، وحموضتها المعايرة، ومحتواها من حامض الأسكوربك والأنثوسيانين (Zhang & Quantick ١٩٩٨).

وإلى جانب تأثير الشيتوسان على إصابات الفراولة المرضية، فقد وجد أن له — كذلك — تأثير مضاد لعديد من الفطريات، كما اتضح من دراسات استعمل فيها المركب كغلاف لثمار الطماطم والفلفل الحلو والخيار (عن Reddy وآخرين ٢٠٠٠).

وقد أدت معاملة مكان اتصال عنق ثمرة الطماطم بالثمرة (مكان قطف الثمرة) بالشيتوسان chitosan إلى تثبيط إصابة الثمرة بالفطر *Alternaria alternata* مسبب مرض العفن الأسود، وذلك عندما تم حقنها بالفطر وخزنت على ٢٠ ْم لمدة ٢٨ يومًا. وكان ذلك التأثير لمعاملة الشيتوسان مصاحبًا بضعف فى نشاط الإنزيمات المحللة للأنسجة (polygalacturonase، و cellulase، و pectic lyase) فى النسيج المجاور للبقع المرضية، حيث انخفض نشاطها إلى أقل من ٥٠٪ مما كان عليه الحال فى ثمار المقارنة التى لم تُعامل بالشيتوسان. كذلك ثبطت المعاملة بالشيتوسان إنتاج الثمار لكل من

حامضى الأوكساليك والفيوماريك (oxalic & fumaric acids) وهما من المركبات المخلبية، وكذلك سموم العائل alternariol، و alternariol monomethylether، وحفزت إنتاج الفيتوألاكسين ريشتين rishitin فى أنسجة الثمرة (Reddy وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدت معاملة الجزر المخزن بالـ chitosan hydrolysate (وهو الذى يحضر من الـ chitosan بفعل الإنزيم *Streptomyces* N-174 chitosanase) بتركيز ٠,٢٪ (وزن/حجم) إلى حماية جذور الجزر من الإصابة بالفطر *Sclerotinia sclerotiorum* أثناء التخزين، بحثها الجذور على تطوير مقاومة ضد الفطر (Molloy وآخرون ٢٠٠٤).

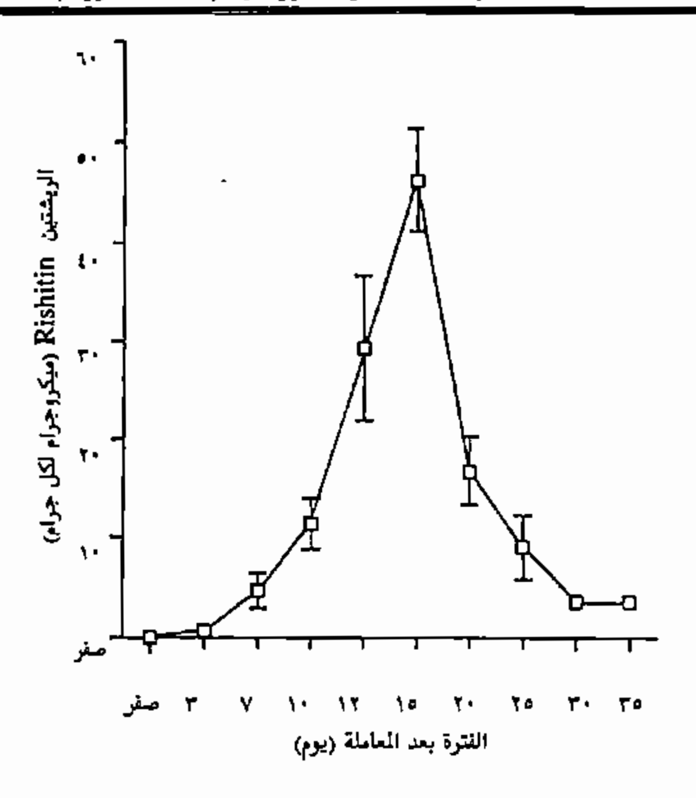
المعاملة بالأشعة فوق البنفسجية

تجرى معاملة التعريض للأشعة فوق البنفسجية — أساسًا — لأجل مكافحة بعض الإصابات المرضية، من خلال حثها للمقاومة الطبيعية فى الأنسجة النباتية الحية.

أدى تعريض درنات البطاطس للأشعة فوق البنفسجية بجرعة ١٢,٥ أو ١٥ كيلوجول/م^2 (kJ/m^2) إلى تثبيط إصابتها بكل من العفن الجاف الذى يسببه الفطر *Fusarium solani*، والعفن الطرى الذى تسببه البكتيريا *Erwinia carotovora* بصورة تامة، وذلك عندما كان تخزين الدرنات فى حرارة ٨°م لمدة ٣ شهور، دون أى تأثير للمعاملة على التبرعم، أو على قوام الدرنات أو صلابتها أو لونها (Ranganna وآخرون ١٩٩٧).

كما أدت معاملة جذور البطاطا بالأشعة فوق البنفسجية UV-C بجرعة ٣,٦ كيلوجول/م^2 إلى الحد — بشدة — من إصابتها بالفطر *Fusarium solani* — المسبب لعفن الجذور الفيوزارى — أثناء التخزين، وكان ذلك مصاحبًا بزيادة فى نشاط الـ phenylalanine ammonia-lyase فى الجذور المعاملة (Stevens وآخرون ١٩٩٩).

ويؤدى تعريض ثمار الطماطم للأشعة فوق البنفسجية أثناء تخزينها إلى تراكم الفيتوألاكسين phytoalexin، ريشتين rishitin بها (شكل ١٣-٢)، وهو الذى يلعب دورًا فى مقاومة بعض الإصابات المرضية (عن Arul وآخرين ٢٠٠١).



شكل (١٣-٢): تراكم الريشتين rishitin بثمار الطماطم استجابة لتعريضها للأشعة فوق البنفسجية أثناء التخزين.

وأدت معاملة ثمار الفلفل الحلو والطماطم بتقنية (تسمى SYNERGOLUX) تستخدم فيها الأشعة فوق البنفسجية والأوزون إلى تقليل إصابتها بالأعفان، علمًا بأن المعاملة تراوحت بين ١٥، و ٦٠ ثانية. وقد خفضت المعاملة من نشاط الإنزيم pectinesterase فى ثمار الطماطم مقارنة بما حدث فى ثمار الكنترول (Mednyánszky وآخرون ١٩٩٤).

أدى تعريض ثمار الفلفل للأشعة فوق البنفسجية UV-C بأى جرعة (من ٠,٢٢ إلى ٢,٢٠ كيلوجول/م^{٢} kJm^{-2}) إلى حث تكوين مقاومة جهازية بالثمار أمكن معها مقاومة الإصابة بالبوتريتس (*Botrytis cinerea*) فى الثمار المخزنة على ١٣ أو ٢٠°م (Mercier وآخرون ٢٠٠١).

وأدت المعاملة بالـ UV-C إلى حث المقاومة ضد الإصابات المرضية فى أبصال البصل وجذور الجزر وثمار الفلفل والطماطم (Da Rocha & Hammerschmidt ٢٠٠٥).

التشميع

يجب ألا يحتوى الشمع المستخدم على مواد مخلقة. ومن بين الشموع المقبولة شمع الكرنوبا carnuba والشموع المستخلصة من النباتات.

المكافحة الحيوية للأمراض أثناء التخزين

مكافحة الأمراض الفطرية بالبكتيريا

أمكن مكافحة الفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى بمعاملة ثمار الطماطم — بعد الحصاد — بالبكتيريا *Bacillus amyloliquefaciens* (Mari وآخرون ١٩٩٦).

وأعطت معاملة درنات البطاطس بالبكتيريا *Entrobacter cloacae* (السلالة S11:T:07) عند تخزينها نقصًا قدره ٢١٪ فى إصابتها بالعفن الجاف الفيوزارى، مقارنة بنقص قدره ١٤٪ فقط عندما عوملت الدرنات بالمبيد الفطرى thiabendazole (Schisler وآخرون ٢٠٠٠).

كما أدى رش درنات البطاطس — أثناء مرورها على السيور قبل تخزينها — بمعلق للسلالة S11:T:07 من البكتيريا *Entrobacter cloacae* إلى إحداث مقاومة للفطر *Fusarium sambucinum* مسبب مرض العفن الجاف الفيوزارى بدرجة تزيد بمقدار ٥٠٪ عن تلك التى يحققها استعمال المبيد الوحيد المصرح به للاستعمال مع البطاطس المخصصة للاستهلاك الآدمى، وهو thiabendazole (عن وزارة الزراعة الأمريكية — الإنترنت — ٢٠٠٧).

وكانت لمعاملة ثمار الطماطم بأى من عدد من الأنواع البكتيرية المتوسطة القدرة على تحمل الملوحة قدرة عالية على خفض الإصابة بالفطر *Botrytis cinerea* مسبب مرض العفن الرمادى. ومن بين الأنواع البكتيرية التى تم اختبارها وأعطت نتائج جيدة، ما يلى (Sadfi-Zouaoui وآخرون ٢٠٠٨):

Bacillus spp. (*subtilis* or *licheniformis*)
Planococcus rifietoensis
Halomonas subglaciescola
Halobacillus lutorglis
Marinococcus litoralis
Salinococcous roseus
Halovibrio variabilis
Halobacillus halophilus
Halobacillus trueperi

مكافحة الأمراض الفطرية بالخميرة

أدى رش نباتات الفراولة أثناء إزهارها بالخميرة *Cryptococcus albidus* (وهى التى كانت قد عُزلت — أصلاً — من ثمار فراولة ناضجة) إلى خفض معدل إصابة الثمار الناضجة بالفطر *Botrytis cinerea* — مسبب مرض العفن الرمادى بنسبة تراوحت بين ٢١٪، و ٣٣٪ (Helbig ٢٠٠٢).

كما أدت المعاملة المختلطة بكل من الخميرة *Candida utilis* والشيتوسان chitosan إلى مكافحة عفن ثمار الطماطم الذى يسببه الفطرين *Alternaria alternata*، و *Geotrichum candidum* (Neeta وآخرون ٢٠٠٦).

وأدت معاملة ثمار الطماطم بعد الحصاد بالخميرة *Pichia guilliermondii* إلى حمايتها من الإصابة بكل من الفطريات *Alternaria solani*، و *Rhizopus stolonifer*، و *Botrytis cinerea* دون التأثير على صفات جودة الثمار (Zhao وآخرون ٢٠٠٨).

وقد أظهرت الخميرة *P. guilliermondii* الحية (وليست مزارعها المقتولة بالأتوكليف أو راشح مزارعها) قدرة على الحد من إصابة ثمار الطماطم بالفطر *Rhizopus nigricans* أثناء التخزين إذا ما عوملت الثمار بالخميرة أولاً. هذا ولا تنتج الخميرة مركبات مضادة للفطر، وإنما هى تُعد منافسًا قويًا له على كل من الغذاء والجروح التى ينفذ منها الفطر ليصيب الثمرة (Zhao وآخرون ٢٠٠٨).

هذا .. وتؤدى الجروح — فى ثمار التفاح على سبيل المثال — إلى حدث تكوين العناصر النشطة فى الأكسدة reactive oxygen species مثل فوق أكسيد الأيدروجين H_2O_2. وقد تبين أن الخمائر المستعملة فى مكافحة أمراض ما بعد الحصاد تقاوم تلك العناصر، وقد يكون ذلك هو الميكانيزم الذى تقوم عن طريقه بفعلها فى مكافحة بعض أمراض بعد الحصاد مثل البوتريتس (Castoria وآخرون ٢٠٠٣).

كما أدت المعاملة بالسيليكون فى صورة sodium metasilicate إلى زيادة كفاءة الخميرة *Cryptococcus laurentii* — بتركيز ١ × ١٠^٧ خلية/ملليلتر — فى مكافحة الفطرين *Penicillium expansum*، و *Monilinia fructicola* بثمار الكريز الحلو على ٢٠ °م، ويعتقد بأن مرد ذلك إلى أن معاملة السيليكون مع الخميرة تؤدى إلى زيادة أعداد الخميرة، بالإضافة إلى خاصية السمية المباشرة للسيليكون على المسببات المرضية، فضلاً عن إحداث السيليكون لزيادة معنوية فى نشاط كل من الـ phenylalamine ammonialyase، والـ polyphenol oxidase والـ peroxidase بثمار الكريز (Qin & Tian ٢٠٠٥).

مكافحة الأمراض الفطرية بالميكوريزا

أدى تلقيح درنات اليام الأبيض *Discorea roundata* بالجراثيم الكونيدية للميكوريزا *Trichoderma viride* قبل تخزينها لمدة أربعة شهور فى الجو العادى إلى خفض إصابتها بشدة بالفطريات المسببة للأعفان أثناء التخزين، مثل: *Aspergillus niger*، و *Botryodiplodia theobromae*، و *Penicillum oxalicum* (Okigbo & Ikediugwu ٢٠٠٠).

الفصل الرابع عشر

مقارنة المنتج العضوى بالتقليدى

إن معظم الدراسات التى قورن فيها المحتوى الغذائى للمنتجات العضوية بالمنتجات التقليدية لم تُظهر اختلافات ثابتة فى هذا الشأن، خاصة فيما يتعلق بالفيتامينات والعناصر. هذا إلاّ أن الدلائل تشير إلى تفوق المنتجات العضوية فى محتوى مركبات الأيض الثانوية على المنتجات التقليدية. ومع ذلك .. فلم تُجر دراسات على العوامل التى يمكن أن تكون مؤثرة فى هذا الشأن .ويبدو أن المشاكل الخاصة بتصميم مثل هذا النوع من الدراسات هى التى تُضعف صحة المقارنات (Zhao وآخرون ٢٠٠٦).

ولم تظهر أدلة مؤكدة على تفوق الأغذية المنتجة عضويًا فى الفيتامينات والمعادن على الأغذية المنتجة بالطرق التقليدية، أو فى كونها أفضل منها طعمًا؛ فبينما توجد أبحاث تؤكد التفوق، فإنه توجد أبحاث أخرى تنفى أى فروق بينهما (عن Stockdale ٢٠٠١).

ولقد قامت Worthington (٢٠٠١) بعمل حصر للبحوث المنشورة التى قورن فيها محتوى العناصر الغذائية فى المنتجات العضوية بالمحتوى فى المنتجات التقليدية العادية، وكانت نتائج الدراسة كما يلى:

١- كان محتوى المنتجات العضوية أعلى جوهريًا عن المنتجات التقليدية فى كل من فيتامين جـ، والحديد، والمغنيسيوم، والفوسفور، وأقل منها جوهريًا فى النترات.

٢- ظهر اتجاه غير معنوى للمحتوى البروتينى المنخفض فى المنتجات العضوية، ولكن بجودة أعلى.

٣- ظهرت زيادة معنوية فى محتوى المنتجات العضوية من العناصر المعدنية، مع محتوى أقل من العناصر الثقيلة.

ونلقى فى هذا الفصل مزيدًا من الضوء على تأثير الزراعة العضوية — مقارنة بالزراعة التقليدية — على القمح وبعض محاصيل الخضر كمًا ونوعًا.

القمح

تنخفض — عادة — نسبة البروتين فى القمح المنتج عضويًا عما فى محصول الزراعات التقليدية (عن Stockdale ٢٠٠١).

الفلفل

وجد أن محصول الفلفل الناتج من الزراعة العضوية تساوى أو زاد عن محصول الزراعة التقليدية حينما تم توفير النيتروجين للزراعة العضوية من الكومبوست، بمعدل ٥٦ أو ١٢٢ كجم نيتروجين للهكتار (٢٣,٥ أو ٤٧ كجم نيتروجين للفدان). ولم تظهر فروق معنوية بين محصولى الزراعة العضوية والزراعة التقليدية فى نسبة الفقد فى الثمار بعد ستة أسابيع من التخزين (Delate وآخرون ٢٠٠٨).

كما وجد أن الفلفل المنتج عضويًا (بالاعتماد على الكومبوست فى التسميد) كان — مقارنة بالفلفل المنتج بالطريقة التقليدية — أعلى محصولاً، وأفضل فى صفات الثمار المورفولوجية التى كانت أعلى محتوى فى كل من حامض الأسكوربيك، والفلافونات الكلية، والبولى فينولات، والبيتاكاروتين، وذلك عندما أجرى تحليل الثمار وهى فى مرحلة النضج الأحمر. وتجدر الإشارة إلى أن جميع هذه المركبات هى من مضادات الأكسدة التى تلعب دورًا هامًّا فى منع الإصابة بالأمراض، وأن بعضها مثل الفلافونات تعد مضادة للأكسدة antioxidant، ومضادة للسرطان anticancer، ومضادة للنزف antihemorrhagic، ومضادة للالتهابات antiinflamatory (Azafirowska & Elkner ٢٠٠٨).

وقد تميزت ثمار الفلفل الحلو الناضجة المنتجة عضويًا بارتفاع محتواها من المركبات الفينولية ونشاط كل من البيروكسيديز peroxidase والكابسيديول capsidiol (de Amor وآخرون ٢٠٠٨).

وبالمقارنة .. وجد أن محتوى ثمار الفلفل من السكريات، والمركبات الفينولية، وحامض الأسكوربيك، ونشاط مضادات الأكسدة كان أعلى عندما كان الإنتاج فى مزارع لاأرضية، مقارنة بمحتوى الثمار فى الإنتاج العضوى (Flores وآخرون ٢٠٠٩).

كما لم تكن للزراعة العضوية أى تأثير على المحتوى المعدنى لثمار الفلفل الحلو مقارنة بالزراعة التقليدية (Flores وآخرون ٢٠٠٩).

الطماطم

أظهرت دراسة أجريت على أربعة أصناف من الطماطم أن محصول الزراعة العضوية كان ٦٣٪ من محصول الزراعة التقليدية، ولكن كان للزراعة العضوية تأثيرات إيجابية على الثمار من حيث محتواها من المواد الصلبة الذائبة، والـ pH، والحموضة لمعايرة، والصلابة، وذلك فى بعض الأصناف دون غيرها (Riahi وآخرون ٢٠٠٨).

كما وجد لدى مقارنة الطماطم المنتجة عضويًّا مقارنة بتلك المنتجة بالطريقة التقليدية أن ثمار الأخيرة بدت بالفحص العينى أكثر نضجًا وقت الحصاد عن نظيرتها التى أنتجت عضويًّا. هذا بينما كانت الثمار العضوية أعلى محتوى من المواد الصلبة الكلية والذائبة، وكان عصيرها أعلى لزوجة. وبينما لم تظهر أى فروق معنوية بين نوعى الثمار فى محتواهما من العناصر المغذية، فإن الطماطم المنتجة تقليديًّا كانت أعلى محتوى فى نسبة كل من الجلوتاميت glutamate، والجلوتامين glutamine، والتيروزين tyrosine، والأمونيوم، والنيتروجين الكلى (Piper & Barrett ٢٠٠٩).

كذلك أوضحت الدراسات زيادة مستويات الفلافونات: كِورسيتين quercetin، و kaempferol aglycones جوهريًّا فى الطماطم المنتجة عضويًّا عما فى تلك المنتجة بالطرق التقليدية، بنسبة بلغت — فى متوسط عشر سنوات من الإنتاج — ٧٩٪، و ٩٧٪ فى نوعى الفلافونات، على التوالى. ولقد لوحظ أن محتوى الفلافونات فى ثمار الطماطم المنتجة عضويًّا يزداد — تدريجيًّا من الحقول المخصصة للإنتاج العضوى سنة بعد أخرى، بينما لم يتباين ذلك المحتوى من سنة لأخرى فى الإنتاج العادى. وقد توافقت تلك الزيادات فى حالة الإنتاج العضوى — مع زيادة كمية المادة العضوية المتراكمة فى القطع العضوية، واستمرت الزيادات حتى مع خفض معدلات إضافة السماد الحيوانى بعد أن وصل محتوى التربة من المادة العضوية إلى حالة توازن (Mitchell وآخرون ٢٠٠٧).

وفى المقابل .. أظهرت دراسة قورنت فيها الطماطم المنتجة عضويًا بتلك المنتجة بالطريقة التقليدية عدم وجود أى فروق بين طريقتى الإنتاج فى صفات الثمار الفيزيائية، والكيميائية، والتشريحية، فضلاً عن خصائصها الأكلية (Ordonez-Santos وآخرون ٢٠٠٩). كذلك أظهرت دراسة أجريت على كل من الطماطم والباك شوى أن الإنتاج العضوى لا يترتب عليه أى اختلافات يعتد بها فى الخصائص الأكلية، مقارنة بخصائص المنتج التقليدى (Talavera-Bianchi وآخرون ٢٠١٠).

البطاطس

أمكن باختبارات التذوق التمييز بين البطاطس المنتجة بالطريقة التقليدية والبطاطس المنتجة بالزراعة العضوية. وأوضحت التحاليل أن الجليكوألكالويدات كانت أعلى مستوى فى البطاطس العضوية، التى ازداد محتواها – كذلك – من كل من البوتاسيوم والمغنيسيوم والفوسفور والكبريت والنحاس فى كل من جلد الدرنة ولبها عما فى البطاطس العادية، بينما كان محتوى جلد الدرنات العادية أعلى محتوى من الحديد والمنجنيز عن جلد درنات البطاطس العضوية (Wszelaki وآخرون ٢٠٠٥).

الكنتالوب

احتوت ثمار الكنتالوب المنتجة عضويًا على تركيز أعلى جوهريًا من حامض الأسكوربيك – بصورة منتظمة – عما فى الثمار المنتجة بالطريقة العادية، بينما كان محتواها من الفينولات الكلية أعلى فى أحد سنتى الدراسة فقط، إلاّ أن نسبة المادة الجافة الكلية ونسبة المواد الصلبة الذائبة بالثمار لم تتأثرا بطريقة الإنتاج. وجدير بالذكر أن محتوى الثمار من مضادات الأكسدة تباين – كثيرًا – باختلاف الأصناف التى شملتها الدراسة، ومن بين عشرة أصناف تمت دراستها، كان أعلاها فى مضادات الأكسدة: Savor، و Sweetie #6، و Early Queen، و Edonis، و Rayan (Salandanan وآخرون ٢٠٠٩).

وفى المقابل .. لم تظهر أى فروق معنوية بين الإنتاج العضوى والإنتاج العادى للكنتالوب فى المحصول أو محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية أو السكر الذائب، إلا أن محتوى لب الثمار من النترات انخفض فى حالة الإنتاج العضوى ما بين ١٢٪ فى العروة الربيعية، و ١٦٪ فى العروة الخريفية (Song وآخرون ٢٠١٠).

الكرنب

كان لمختلف الأسمدة العضوية تأثيرات إيجابية على محتوى أوراق الكرنب من المواد المضادة للأكسدة (Bimová & Pokluda ٢٠٠٩).

وبالمقارنة .. أوضحت دراسات أخرى أجريت على كل من الجزر والكرنب لمدة ثلاث سنوات أن المحصول ومحتوى الفيتامينات لم يختلف جوهريًّا فى المحصولين بين الإنتاج العضوى والإنتاج التقليدى (Warman & Havard ١٩٩٧).

القنبيط والجزر والبصل

تبين لدى مقارنة عدة أصناف من كل من القنبيط والبصل والجزر فى ظروف كل من الزراعة العضوية والتقليدية، ما يلى:

١- لم يختلف ترتيب الأصناف تبعًا للمحصول والقابلية للإصابة بالحشرات والأمراض الفطرية بين نظامى الزراعة.

٢- كان محصول القنبيط والبصل أعلى بمقدار ٢٠٪، و ٤٥٪ – على التوالى – عندما زرعا بالطريقة التقليدية.

٣- لم توجد فروق معنوية فى محصول الجزر أو فى نسبة المستبعد منه بين نظامى الزراعة، إلاّ أن أسباب الاستبعاد تباينت بين النظامين. ففى الزراعة العضوية كانت أضرار القواقع هى السبب الرئيسى للاستبعاد حيث بلغت ٩٪، بينما كانت "الساق الجوفاء" hollow stem العيب الأكثر شيوعًا فى الزراعة التقليدية وشكلت ٧٪.

٤- لم توجد فروق جوهرية فى نسبة أبصال البصل المستبعدة بين نظامى الزراعة.

٥- أضير الجزر المزروع بالطريقة التقليدية بذبابة جذور البصل بدرجة أكبر مما حدث في الزراعة العضوية، وكانت نسبة الجذور المستبعدة جراء ذلك ٥٪، على الرغم من أن الذبابة كانت متواجدة — كذلك — في الزراعة العضوية.

٦- على عكس ذلك .. كانت التشوهات المورفولوجية أعلى في الجزر المزروع عضويًّا، بدرجة أدت إلى استبعاد ٢٩٪ من المحصول.

وقد أُرجع نقص محصول الزراعة العضوية إلى ممارسات مكافحة الحشائش والآفات بالإضافة إلى عدم تيسر العناصر المغذية بشكل كافٍ خلال المراحل المبكرة لنمو القنبيط والبصل (Dresboll وآخرون ٢٠٠٨).

الفصل الخامس عشر

الانتقادات الموجهة للزراعة العضوية

لقد أفردنا جميع الفصول السابقة من هذا الكتاب لبيان أصول الزراعة العضوية بكل حيدة وموضوعية، وقدّمنا لما لها من مميزات يتم الترويج لها بكل قوة من قبل جميع الجهات العاملة فى الإنتاج العضوى والمسئولة عنه. وسواء أكانت الدعاية لتلك المميزات على حق أم كانت بغير أساس علمى — كما يعتقد البعض — فإننا لا يمكن أن نطلب من مسئولى الزراعة العضوية انتقادها، فتلك مسئولية علمية لمن يتصدى لها. والسؤال هو: هل أصول الزراعة العضوية قائمة على أسس علمية، أم على افتراضات اجتهادية يختلط فيها العلمى بغير العلمى؟، وهل المميزات التى تُروِّج لها الزراعة العضوية حقائق علمية لا تقبل الشك، أم يختلط فيها العلم بالأوهام؟.

لا شك أن الفرد العادى — غير المتخصص — لا يتردد كثيرًا فى الترحيب بالمنتج العضوى فى ظل الدعاية المصاحبة له، وفى ظل القلق العام من أمراض العصر السرطانية. كما تلقى أصول الزراعة العضوية قبولاً عامًا من المجتمع لِما تدعو له من مبدأ المحافظة على البيئة، فى ظل التغيرات المناخية التى تسود العالم أجمع؛ فالجميع سُعداء: العاملون فى مجال الإنتاج العضوى كاستثمار يزداد ازدهارًا يومًا بعد يوم، والمستهلك الذى يشعر بالأمان، والمجتمع الذى يشعر بالارتياح لفكرة سلامة البيئة. هذا إلاّ أنه توجد وجهات نظر أخرى منتقدة للزراعة العضوية، وتتطلب الأمانة العلمية إلقاء الضوء عليها، حتى تكتمل الصورة، وذلك هو موضوع هذا الفصل.

مقدمة

تحت عنوان "خرافة الزراعة العضوية" The Myth of Organic Agriculture كتب Pacanoski (Pacanoski ٢٠٠٩) مقالاً علميًا تناول فيه الزراعة العضوية بالنقد الشديد، وجردها فيه من كل ما جرى العرف على اعتباره أهم مزاياها. وتقتضى الأمانة العملية

بيان الأفكار التى وردت فى ذلك المقال — وفى غيره — بشئ من التفاصيل؛ لكى يحدث التوازن الفكرى المطلوب لدى القارئ بين ما للزراعة العضوية وما ليس لها.

يبدأ Pacanoski مقاله بالقول أن إحساس العامة بأن الزراعة العضوية هى فى تناغم وتوافق مع الطبيعة، وتقل فيها المدخلات الأقل صداقة للبيئة، وأنها أكثر استدامة عن الزراعة التقليدية، وأن محصول الزراعة العضوية يتساوى أو يتفوق على محصول الزراعة التقليدية .. كل ذلك يقوم — أساسًا — من وجهة نظره — على بيانات ونتائج غير علمية، وغير موثقة.

وتبعًا لتلك المفاهيم التى تروج لها الزراعة العضوية، فإن الغذاء العضوى يكون أكثر نفعًا للصحة، وحميدًا، وأعلى فى قيمته الغذائية؛ لأنه لم يستخدم فى إنتاجه أى أسمدة أو مبيدات مخلقة. وعلى الرغم من أن تلك الإدعاءات — حسب قوله — مثالية، فإن الحقيقة خلاف ذلك بدرجة كبيرة؛ فكثير من الباحثين على اقتناع أن هذه الإدعاءات ليست مؤيدة علميًا.

الفلسفة والزراعة العضوية

تطورت الزراعة العضوية من الآراء الفلسفية للفيلسوف ردولف استينر Rudolf Steiner، ثم بعد ذلك بواسطة الليدى إيف بلفور Lady Eve Balfour؛ بما يعنى أن مبادئ الزراعة العضوية تقوم على مفاهيم معينة وليس على العلم. وأكثر من ذلك، فإن الزراعة العضوية ومنتجاتها هى — حسب قول Pacanoski – خرافة و "دين لعصر جديد" New Age Regilon أكثر منها علم وحقيقة. ويحكم حركة الزراعة العضوية قواعد ليس لها أى أساس علمى أو زراعى، وهى تنغمس فى الفكر اللاعقلانى، والعلم الزائف، والارتباك والتشوش، وخاصة فى بعض جوانب الإنتاج. إن هذه النوعية من الزراعة، وما بها من معتقدات فى القوى الكونية (يُقصد بذلك الزراعة البيوديناميكية)، ليس لها مكان فى أى مناقشة علمية، وتعد غامضة وخفية occult فى طبيعتها. أما الأسباب الفلسفية لدعم الزراعة العضوية فلأنها جزء من حركة "العودة إلى الطبيعة".

وكما الحال فى الطب البديل، فإن كليهما يعتمد على الاعتقاد بأن "الطبيعة تعرف أحسن"، وأن ما هو طبيعى لابد وأن يكون جيدًا. إنه الإحساس بالحنين إلى الماضى لأجل خرافة "العصر الذهبى" للزراعات الصغيرة البسيطة التى تُنتج أغذية نقية وصحية؛ فمثل هذه الجنة لم توجد أبدًا. وفى الأيام التى سبقت الزراعة الكثيفة — عندما لم يستعمل المزارعين المبيدات أو الأسمدة المصنعة — كانت إمدادات الغذاء فى خطر دائم جراء التقلبات الجوية والبيئية، وتعرض المحاصيل المتكرر للفقد بسبب الإصابات المرضية والحشرية. ولقد كان أمر عادى أن يفقد المزارعين حوالى ٥٠٪ إلى ٧٥٪ من محاصيلهم. ويمكن تعريف تلك الفترة بأنها عصر التعب والإجهاد. ولقد وصف الفيلسوف الإنجليزى Thomas Hobbes الزراعة فى تلك الفترة بأنها فترة طحن الفقر، والعمل المكثف، والمحصول المنخفض. وفى تلك الفترة كانت حوالى ٩٠٪ من القوة العاملة تعمل فى الأنشطة الزراعية بالمزارع الصغيرة التى نادرًا ما أنتجت ما يكفيها للبقاء. وبفضل العلم الذى أعطانا المركبات الكيميائية التى مكنتنا من مكافحة الحشائش والآفات، أمكن جعل تلك العصور من الماضى. إنه لن تكون هناك عودة للأيام السالفة "الجيدة" التى سبقت استعمال الكيماويات مهما ارتفع صوت مؤيدى الزراعات العضوية من المزارعين والمستهلكين وازداد صخبهم (Pacanoski ٢٠٠٩).

التناغم بين الطبيعة والزراعة العضوية

تلك فكرة أخرى خاطئة فى رأى Pacanoski (٢٠٠٩)، فالحقيقة إنه لم يكن فى أى زمان أو مكان على سطح الأرض أى تناغم بين الزراعة — بما فيها الزراعة العضوية — والطبيعة. فالطبيعة لها جانب قاس وقاعدة واحدة، وهى البقاء للأصلح. ويتحكم فى الإنسان غريزة حب البقاء التى تجعله يغير ويؤقلم الطبيعة حسب احتياجاته.

إن الأرض التى يرغب الإنسان فى زراعتها بمحصول معين تمتلئ بملايين من بذور الحشائش عديمة القيمة الغذائية. وإن لم يتم التخلص من تلك الحشائش فإنها : "تسرق" من النبات الضوء والمساحة المكانية والعناصر الغذائية. ولآلاف السنين قضى ملايين من

البشر حياتهم فى مكافحة الحشائش بأياديهم أو باستعمال أدوات بسيطة، ولم يكن ذلك "تناغما" مع الطبيعة، بل كان قتل جماعى للحشائش الطبيعية. وخلال خمسينيات القرن التاسع عشر (من ١٨٤١ إلى ١٨٥٠) مات أو هاجر عدة ملايين من الأيرلنديين بسبب قضاء الفطر *Phytophthora infestans* — مسبب مرض الندوة المتأخرة — على كل حقول البطاطس عندهم. وفى ذلك الماضى كان معدل المواليد مرتفعًا، وكانت الإجازات الصيفية للتلاميذ ترتبط بالأنشطة الشاقة فى الزراعة. أما الآن .. فنجد فى الدول المتقدمة — التى تُستخدم فيها المبيدات والأسمدة المصنعة بكثافة — أن ٢٪ فقط من السكان يعملون بالزراعة. ومازالت الحالة سيئة فى الدول النامية حيث يعمل فيها بالزراعة حتى ٤٦٪ من السكان. ويقدر هذا الرقم بنحو ٢٠٪ فى البرازيل، و ٢٥٪ فى المكسيك، و ٧٠٪ فى كينيا. إن الاستعمال المكثف للكيماويات حرر ملايين البشر من حياة العمل الشاق؛ فيما يعرف بالثورة الزراعية. ولحسن الحظ أنها مازالت مستمرة (Pavanoski ٢٠٠٩).

البيئة والزراعة العضوية

إنه لمن المفترض — على نطاق واسع — أن الزراعة العضوية تتفوق بيئيًا على الزراعة التقليدية — المتكاملة — لأنها لا تستعمل المبيدات والأسمدة المخلقة. كذلك يؤكد أن التنوع البيولوجى يتحسن وتتواجد أعداد أكبر من النباتات والحشرات والطيور وأن "صحة" التربة تتحسن فى ظل الزراعة العضوية.

والحقيقة إنه فى كل أنواع الزراعة يوجد تأثير على البيئة. إن الاعتقاد بأن الزراعة العضوية — فى حد ذاتها — أفضل للبيئة لأنها تعتمد على العوامل والعمليات الطبيعية ليس صحيحًا. إن العوامل والعمليات الطبيعية متباينة وليس للمزارع القدرة على التحكم فيها؛ الأمر الذى قد يتسبب فى حدوث مشاكل. فمثلاً .. قد يحدث تمعدن النيتروجين العضوى فى الوقت غير المناسب للنباتات؛ أى قد لا يكون تيسر العنصر متوافقًا مع احتياجات النمو المحصولى؛ مما يزيد من فرصة رشح النيتروجين إلى المياه الجوفية. وفى

هولندا وألمانيا والمملكة المتحدة أدى التحلل الزائد للسبلة الحيوانية إلى تلوث البحيرات والأنهار، كما أدى انطلاق الأمونيا من السبلة الطازجة إلى الإضرار بالغابات. وفي كوريا واليابان أدى الاستعمال الزائد للأسمدة العضوية من قبل منتجي الزراعات العضوية إلى التسبب في مشاكل كبيرة، نظرًا لإضافتهم لكميات أكبر مما يلزم من الأسمدة العضوية لتأمين حاجة النباتات من العناصر. كذلك يزداد تراكم العناصر الدقيقة في أراضي الزراعات العضوية، وخاصة الكادميم، وهو عنصر مسرطن. وبينما "تُنَظَّف" الأسمدة غير العضوية من الكادميم أثناء تصنيعها، فإن صخر الفوسفات الخام يحتوى كميات متباينة من العنصر، مما يثير القلق بشأن تراكم هذا العنصر المسرطن في الأراضي التي تُزرع عضويًا.

وفي الزراعات العضوية تكون مكافحة الحشائش — غالبًا — بعمليات العزيق الآلية؛ الأمر الذي يُفاقم المشاكل الزراعية بالتربة، مثل الإندماج (الانضغاط) والتعرية. كذلك يؤدي العزيق الآلي إلى مضاعفة استخدام المحروقات، مما يؤدي إلى زيادة انطلاق ثاني أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين الضارة؛ والإسهام في تفاقم مشكلة الانبعاث الحراري. ويؤدي العزيق الآلي — كذلك — إلى تفكيك تجمعات التربة وإفساد بنائها، ويزيد من معدنة (هدم) محتواها من المواد العضوية، ويزيد من فقد الماء منها، ويقضي على أعشاش الطيور ومسالك الديدان الأرضية فيها، ويزيد من احتمالات تعرية التربة. ويتبين لدى المقارنة مع الزراعة التقليدية الكفؤة — المصاحبة بالممارسات الزراعية الجيدة good agricultural practices — أن الزراعة العضوية ليس لها أي تأثير بيئي إيجابي على الإطلاق. فإن استعمال مبيدات الحشائش — على سبيل التحديد — أدى في الزراعات التقليدية إلى تعميم ممارسات "عدم الحراثة" no-till practices التي تقلل من إفساد بناء التربة، وتقلل من استعمال الوقود الأحفوري؛ ومن ثم تقلل من انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون ومشكلة الانبعاث الحراري، وتُحد من تعرية التربة. ويكون بناء التربة في ظل ممارسات عدم الحراثة أفضل للنمو النباتي؛ حيث تزداد مسامية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالرطوبة.

وبالإضافة إلى ما تقدم بيانه .. فإن الزراعة التقليدية المتكاملة يمكن أن تُعطي

محصولاً أكبر من مساحة أقل من الأرض عما يمكن أن تعطيه الزراعة العضوية؛ ومن ثم يمكن تخصيص مساحة أكبر من الأرض للحياة البرية التى تُنادى بها الزراعة العضوية. ويمكن بالإدارة الجيدة للمدخلات الزراعية فى الزراعة التقليدية الحد من فقد العناصر، التى يمكن في حال تسربها بالرشح التأثير سلبًا على جودة المياه السطحية المجاورة للأراضى المزروعة، وجودة المياه الجوفية التى تتواجد تحتها. ولقد أوضح عديد من الباحثين أن أى تأثيرات إيجابية للزراعة العضوية على البيئة هى أمور لم تثبت بعد؛ وتحتاج إلى مزيد من الدراسة. وبينما لا تظهر أخطار الزراعة العضوية على البيئة عندما تشغل تلك الزراعات مساحات صغيرة متناثرة من الأرض، فإن تلك الأخطار قد تزداد بشدة عندما يحدث التوسع فى الزراعة العضوية (Pacanoski ٢٠٠٩).

استدامة الزراعة العضوية

إن أهم مكونات خاصية الاستدامة في الزراعة — على كل من المدى القصير والبعيد — هو المحصول من وحدة المساحة من الأرض. وتلك الخاصية لا تقتصر أهميتها على الجانب الاقتصادى فقط، وإنما تمتد — كذلك — إلى الجوانب البيئية، وعلاقة الكائنات الحية بالبيئة (التبيؤ ecology)، وكذلك الجوانب الاجتماعية. ولكى تكون الزراعة داعمة لكل تلك الجوانب، فإنه يجب أن يزداد فيها الإنتاج من الأرض المزروعة بالفعل بدلاً من توسيع رقعة الزراعة لتضم الأراضى الحدية التى تكون العلاقة فيها هشة بين الكائنات الحية والبيئة. ومن الأمثلة السلبية للزراعة العضوية غير الكفؤة تلك التى يقوم فيها الفلاحون المكسيكيون بتدمير ثلاثة ملايين فدان من الغابات الاستوائية سنويًا بأسلوب الجز والحرق slash-and-burn agricultural practice.

صحيح أن المحاصيل التى تُنتج عضويًا لن يكون محصولها أقل — على الدوام — من محصول الزراعات التقليدية، ولكنه غالبًا ما يكون كذلك. فالزراعة العضوية تضع قيودًا صارمة على المدخلات الزراعية التى يمكن استعمالها؛ الأمر الذى تصعب معه المحافظة على استدامة الإنتاج العالى. ويمكن للزراعة التقليدية إعطاء نفس محصول الزراعة

العضوية على ٥٠٪ إلى ٧٠٪ فقط من مساحة الأرض. وفى أوروبا .. وجد أن المحصول النسبى للزراعة العضوية – مقارنة بالزراعة التقليدية – كان ٦٨٪ فى الحبوب الصغيرة، و ٧٣٪ فى البطاطس، وتراوحت تلك القيم فى مختلف الدول بين ٥٥٪ و ٧٨٪ للحبوب الصغيرة، و ٤٥٪ إلى ١٠٠٪ للبطاطس. وإذا ما تضمنت الدورة الزراعية سنوات تترك فيها الأرض دون زراعة، أو تزرع بمحصول ذات قيمة تسويقية محدودة، فإن قيم الإنتاج الخاصة بالمحاصيل الاقتصادية تكون مضللة؛ فالمقارنات يجب أن تبنى على محصول المنتج المسوَّق من وحدة المساحة فى وحدة الزمن. فمثلاً .. فى دراسة استمرت لمدة ٢١ عامًا فى سويسرا انخفضت المحاصيل بنسبة ٢١٪ عما فى الزراعة التقليدية عندما تضمنت الدورة – فى الزراعة العضوية – القمح والبطاطس ومحاصيل العلف، إلاّ أن البطاطس – وهى أهم محصول اقتصادى فى تلك الدورة – عانت من أكبر انخفاض فى المحصول (Pacanoski ٢٠٠٩).

المبيدات والزراعة العضوية

إن الفوبيا الكيميائية chemophobia – أى الخوف غير المبرر من المركبات الكيميائية لهو رد فعل شائع للتقارير العلمية والإخبارية التى تقترح أن التعرض لمختلف الملوثات البيئية يمكن أن يُشكل تهديدًا للصحة. إن الكيماويات الزراعية الحديثة ليست دون أى مخاطر، ولكن المخاطر التى تشكلها للبشر والحياة تقترب من الصفر وفى تناقص مستمر. وإنه لمن المهم مناقشة الفهم الخاطئ القائل بأن الزراعة العضوية تخلو من المبيدات. إن الاختلاف الأساسى بين المبيدات التى تُستعمل فى الزراعة العضوية وتلك التى تستعمل فى الزراعة التقليدية ليس فى درجة سميتها، وإنما فى أصلها. فالمبيدات التى تُستعمل فى الزراعة العضوية تُستخلص من النباتات، والحشرات والصخور المعدنية، ولا تُحضر بطريقة التخليق الكيميائى. فمن أكثر المبيدات استخدامًا فى الزراعة العضوية الزيوت والكبريت. ولا يعنى كون المبيدات التى يُسمح باستعمالها فى الزراعة العضوية أنها طبيعية أنها أكثر أمانًا من تلك المخلقة التى دُرست تأثيراتها ونظم استخدامها بدقة.

ويلاحظ أن المبيدات العضوية تُستخدم بكثافة أكبر فى وحدة المساحة عن غيرها من المبيدات، بسبب ضعف كفاءتها مقارنة بالمبيدات المخلقة. وتوضح المبيدات الفطرية ذلك الأمر (Pacanoski ٢٠٠٩).

لقد أدى إنتاج بذور القنبيط عضويًا — على سبيل المثال — إلى إصابة البذور الناضجة بشدة بالفطر *Alternaria brassicicola* مسبب مرض تبقع الأوراق القاتم dark leaf spot، حيث بلغ تواجد الفطر على البذور الناضجة ٧٠٪–٩٠٪، وبلغت إصابة البذور بالفطر داخليًّا ٦٢٪–٨٠٪. هذا بينما كانت نسبتا تواجد الفطر *A. brassicae* خارجيًّا على البذور وداخليًّا فيها أقل من ٣٪. وعمومًا فإن نسبة إنبات البذور تدهورت إلى أقل من ٨٠٪، ولم تتحسن جودة البذور بمعاملتها بالماء الدافئ. ولقد حدثت إصابة القرون والبذور بعد فترة قصيرة من الإزهار؛ بما يعنى ضرورة مكافحة المرض جيدًا خلال تلك الفترة؛ الأمر الذى لم يكن ممكنًا مع إنتاج البذور بالطريقة العضوية (Kohl وآخرون ٢٠١٠).

إن المبيدات الأساسية التى تُستخدم فى الزراعة العضوية هى الكبريت والنحاس، وكلاهما يُحصل عليه من محاجر طبيعية، كما أن كليهما سام لمدى واسع من الكائنات، ويعدًا من ملوثات التربة والبيئة طويلة المدى، فضلاً عن أنهما يستعملان بمعدلات أعلى بكثير من المبيدات المخلقة.

ويبين جدول (١٥–١) مقارنة بين المانكوزيب mancozeb – وهو مبيد نحاسى مخلق يستعمل عادة فى مكافحة الندوة المتأخرة والبياض الزغبى — وكبريتات النحاس. فمن ناحية التأثير على البيئة، فإن المانكوزيب أفضل من جميع الجوانب مقارنة بكبريتات النحاس. ومن ناحية صحة الإنسان، فإن كبريتات النحاس تعد سامة لأنها تحتوى على الرصاص، وأحدثت — بالفعل — مشاكل فى الكبد لعمال كروم العنب فى أوروبا. وعلى الرغم من أن الاتحاد الأوروبى حرّم — فرضيًا — استعمال كبريتات النحاس فى ٢٠٠٢، فإنه لم يُعثر على بديل آخر للزراعات العضوية، ولذا .. يستمر استعمالها . ولقد رؤى أن ما يترتب على عدم استعمال

كبريتات النحاس هو أن تصبح المزارع العضوية مستودعات للفطر المسبب لمرض الندوة المتأخرة، الذى يعد من أخطر أمراض البطاطس.

جدول (١٥-١): مقارنة بين المانكوزيب وكبريتات النحاس من حيث تأثيرهما على صحة الإنسان والبيئة (عن Pacanoski ٢٠٠٩).

وجه المقارنة	المانكوزيب	كبريتات النحاس
صحة الإنسان		
LD_{50} (الجرعة القاتلة لنصف الناس)	> ٥٠٠٠ مجم/كجم	٥٠ مجم/كجم
تقسيم الـ EPA لها	غير سام جزئيًا	حاتة corrosive وسامة
التأثير على الصحة	غير سام (بطريق الفم)	تُحدث أضرارًا بالكلى والكبد
السمية للبيئة		
الديدان الأرضية	قليل السمية	سامة جدًا
الطيور	قليل السمية	متوسطة السمية
الثدييات الصغيرة	غير سام	ضارة
فترة نصف التحلل بالتربة (DT_{50})	٦-١٥ يومًا	لا تتحلل

وتوجد حالة مماثلة بالنسبة للمبيدات الحشرية التى تُستخدم فى الزراعات العضوية. فنجد أن بعضًا من تلك المبيدات يعد أشد تأثيرًا على البيئة عن بعض المبيدات الحشرية المخلقة. وبخاصة مبيد الكارباريل carbaryl (كما فى السيفين على سبيل المثال)، الذى يعد من أكثر المبيدات المخلقة استعمالاً على مستوى العالم (جدول ١٥-٢).

ونجد أن معظم المبيدات التى تُستعمل فى الزراعة العضوية لها — كذلك — تأثيرات سلبية على صحة الإنسان. فلقد وجد — مثلاً — أن الروتينون يُحدث الأعراض التشريحية، والعصبية الكيميائية، والسلوكية، والعصبية المرضية لمرض الشلل الرعاش Parkinson's disease. كما وجد أن جراثيم البكتيريا *Bacillus thuringensis* — التى تستخدم فى قتل الحشرات — يمكن أن تُحدث إصابات قاتلة فى رئة الفئران، وموت جراء الصدمة السامة فى الثدييات.

جدول (١٥-٢): معامل التأثير على البيئة environmental impact quotient (اختصارًا: EIQ) لبعض المبيدات.

المبيد	EIQ
Acephate (مخلق)	١٧,٩
Soap (عضوى)	١٩.٥
Carbaryl (مخلق)	٢٢,٦
Malathion (مخلق)	٢٣,٢
Rotenone (عضوى)	٣٣,٠
Sabadilla (عضوى)	٣٥,٦

أما البيرثرم pyrethrum – وهو من المبيدات التى يشيع استعمالها فى الزراعات العضوية لأنه مبيد طبيعى – فقد وصفته وكالة حماية البيئة Environmental Protection Agency (اختصارًا: EPA) الأمريكية بأنه مسرطن شائع للإنسان. وبالمقارنة .. فإن البيرثرويدات المخلقة الأكثر كفاءة، والتى تستخدم بتركيزات أقل بكثير من تلك التى يستخدم بها البيرثرم وتتحلل بنفس المعدل .. هذه البيرثرويدات يُحرم استعمالها فى الزراعات العضوية.

وتعد مبيدات الحشائش هى الفئة الوحيدة التى يقل استعمالها مع الزراعة العضوية، ولكن ذلك يترافق مع انخفاض فى المحصول وزيادة فى تعرية التربة، يضاف إلى ذلك أن مبيدات الحشائش هى أقل فئات المبيدات سمية، بينما توفر أكبر المزايا البيئية كما أسلفنا بيانه. إن مبيدات الحشائش تستهدف فى فعلها – غالبًا – إنزيمات نباتية محددة، ولا يكون لها أى أضرار تقريبًا – على الحشرات والثدييات. وعلى الرغم من ذلك، فإن الفائدة التى تعود من استعمالها عظيمة.

إن الإنتاج النباتى العضوى الذى يعتمد على المبيدات "الطبيعية" و "الآمنة" يعنى مزيدًا من استعمال المبيدات لا أقل، كما يعنى سمية أكثر لا أقل، مع مزيد من الضغوط على الموارد الزراعية وغيرها من الموارد الطبيعية دون أية فوائد جلية مقابلة.

الأسمدة والزراعة العضوية

لا يُسمح باستخدام الأسمدة المعدنية القابلة للذوبان فى الماء فى الزراعات العضوية، بينما تستخدم – أساسًا – الأسمدة العضوية الحيوانية والأسمدة الخضراء النباتية، وكربونات الكالسيوم (الطباشير)، وكلوريد البوتاسيوم (الـ sylvanite)، وكبريتات المغنيسيوم (kaiserite)، وصخر الفوسفات والعناصر الدقيقة، وحوالى ثمانى مركبات كيميائية أخرى غير متجددة، وذلك للادعاء بأن تكون البيئة – فى ظل الزراعة العضوية – خالية من المركبات الكيميائية. إن الأسمدة العضوية يمكن أن تكون مصدرًا للعناصر الضرورية للنبات، كما أنها تفيد فى تحسين التربة وإنتاجيتها، ولكن نظرًا لانخفاض محتوى الأسمدة العضوية من مختلف العناصر الأساسية، فإن تأمين حاجة النبات من تلك العناصر عن طريق الأسمدة العضوية فقط يتطلب استعمال كميات كبيرة جدًّا منها، فضلاً عن أن تلك الأسمدة تتباين – فيما بينها – بمقدار ١٠ إلى ٣٠ ضعف فى محتواها من كل من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر الصغرى. هذا إلى جانب فقدان حوالى ٢٠٪–٤٠٪ من النيتروجين الكلى، و ٤٦٪ إلى ٦٢٪ من الكربون الكلى الموجود فى السبلة الحيوانية المستعملة فى عمل المكمورة أثناء كمرها (Pacanoski ٢٠٠٩).

إن من بين المغالطات التى تروج لها مؤسسات الزراعة العضوية أنه عن طريق كمر المخلفات العضوية فإن خصوبة التربة المستخدمة فى الإنتاج الغذائى عالميًّا سوف تتم المحافظة عليها؛ ذلك لأن الكمر عملية محدودة ولا يمكن – أبدًا – الاعتماد عليها لتوفير المادة العضوية للتربة فى مساحات شاسعة اقتصاديًّا. وتبقى الدورة الزراعية مع الأسمدة الكيميائية – غير المسموح باستعمالها فى الإنتاج العضوى – الأساس فى المحافظة على محتوى التربة من المادة العضوية. كذلك يدعى منتجى الزراعات العضوية أن الأسمدة العضوية تتفوق على الأسمدة الكيميائية غير العضوية فى صلاحيتها للنبات، ولكن – ومع استثناءات قليلة جدًا – فإن المواد العضوية المحتوية على مختلف العناصر لابد وأن تتحول إلى صور ذائبة غير عضوية قبل أن يمكن للنباتات امتصاصها.

ونرى إدعاءات كثيرة من قبل مؤيدى الزراعات العضوية تفيد بأن الأغذية التى استخدم فى إنتاجها أسمدة كيميائية غير عضوية ضارة بصحة الإنسان، مقارنة بتلك التى استخدم فى إنتاجها نفس العناصر، ولكن فى صورة عضوية. إن هذا الأمر يصعب للغاية إثباته. ولا توجد أى دراسات تؤيده على الرغم من كثرة ما أجرى من دراسات. وعلى العكس . فإن الدلائل المتوفرة لا تبرر أبدًا شراء واستعمال الأغذية العضوية بأسعار مبالغ فيها مقارنة بالأغذية التقليدية (MacDaniels ١٩٧٧).

ومن ناحية أخرى فإن عملية كمر السبلة – إن لم تكن جيدة – يمكن أن تتسبب فى مشاكل صحية، خطيرة. فعلى سبيل المثال .. يُنتج حوالى ١٠٠ مليون طن من السبلة سنويًّا، أقل من ٧٪ منها تكمر لتحويلها إلى كومبوست. ويثير استعمال السبلة الحيوانية كسماد الاهتمام بسبب المخاطر التى قد تنشأ جراء تلوث المنتجات الزراعية والماء السطحى والمياه الجوفية بمسببات الأمراض، وخاصة *E. coli* O157. وقد أقرت اللجنة الملكية البريطانية الخاصة بالتلوث البيئى فى تقريرها التاسع عشر حول الاستعمال المستدام للتربة بأن هناك خطورة محتملة على صحة الإنسان والحيوان من المسببات المرضية التى توجد فى المخلفات الحيوانية المستعملة فى الزراعة. وأظهرت دراسة أجريت فى جامعة إلينوى الأمريكية أن مستهلكى المنتجات العضوية أكثر عرضة – بثمانى مرات – لاحتمال التقاطهم للبكتيريا *E. coli* عما يمكن أن يحدث مع مستهلكى منتجات الزراعات التقليدية (Pacanoski ٢٠٠٩).

أمان الغذاء العضوى

لا يوجد دليل قاطع على أن الأغذية المنتجة عضويًّا أكثر أمانًا عن تلك المنتجة بالطرق التقليدية. ولقد أظهرت بعض الدراسات أن المزارع العضوية ذاتها يمكن أن تصبح مستودعات للأمراض. إن المنتجات العضوية تزاد فيها فرصة التلوث بكل من الميكوتوكسنات mycotoxins، والباتولين patulin، والفيومونيزين fumonisin. إن النباتات يكون لها رد فعل عنيف عندما تهاجمها مسببات للأمراض، حيث تقوم بتمثيل

مركبات كيميائية كثيرة يكون بعضها مسرطن. فنجد – مثلاً – أن عصير التفاح (السيدر cider) العضوى يحتوى على تركيزات أعلى كثيرًا من الباتولين عما يوجد فى عصير التفاح المنتج تقليديًّا، كما نجد أن الكرفس العضوى يحتوى على تركيزات أعلى كثيرًا من السورالين psoralin مما يحتويه الكرفس المنتج تقليديًّا، علمًا بأن السورالين يمكن أن يُحدث حروق جلدية خطيرة إن لم تُتخذ احتياطات مناسبة عند الحصاد. وتقوم إدارة الغذاء والدواء الأمريكية باختبار عينات من مختلف الأغذية – بصورة دورية – للتعرف على مدى تواجد تلك المواد الخطرة فيها، وتجد مستويات عالية من هذه السموم الطبيعية فى المنتجات العضوية. ولقد وَجَدَت – على سبيل المثال – أن المحاصيل المنتجة عضويًا تحتوى على معدلات أعلى من الأفلاتوكسن aflatoxin (الذى يتكون فى الأغذية بفعل الإصابة بالفطر أسبيرجلّس *Aapergillus*) والذى يعد واحدًا من أخطر المواد المسرطنة للإنسان. إن قطاع الغذاء العضوى يؤكد على "طبيعية" منتجاته من الغذاء والمشروبات، حتى إلى حد رفض بسترة اللبن والعصائر. وكنتيجة لذلك يمرض عديد من الناس بعد استهلاكهم لأغذية يعتقدون – خطأ – أنها آمنة عن غيرها من الأغذية (عن Pacanoski ٢٠٠٩).

القيمة الغذائية للغذاء العضوى

من المؤكد أن الغذاء العضوى ليس أعلى فى القيمة الغذائية عن الغذاء المنتج تقليديًّا. وإن الدراسات التى أجريت لسنوات عديدة لم تجد أى تفوق فى محتوى الأغذية العضوية – من مختلف العناصر المغذية – عن الأغذية المنتجة تقليديًّا، وذلك بخلاف زيادات عرضية بسيطة لوحظت فى فيتامين جـ فى البرتقال والبطاطس والخضر الورقية؛ الأمر الذى ربما يكون قد حدث بسبب انخفاض المحتوى الرطوبى للمنتج العضوى من تلك المحاصيل، وهو ما أدى إلى زيادة تركيز فيتامين جـ. كذلك قد يتراكم فيتامين جـ جراء زيادة تعرض النباتات للشدّ التأكسدى، الذى يحدث لها نتيجة للتعرض للإصابة بالأمراض.

ولقد أظهرت دراسة على الفراولة والذرة أن المنتج العضوى احتوى على تركيزات أعلى من الفينولات عن المنتج التقليدى. وإنه لمن المعروف أن النباتات تُنتج الفينولات استجابة للتعرض للإصابات الحشرية كنوع من المبيدات الطبيعية.

ومن نحو ١٥٠ دراسة يستدل على أن محتوى المنتجات العضوية من النترات والبروتينات تقل قليلاً عما فى المنتجات التقليدية، ولقد كان الفارق فى المحتوى البروتينى واضحًا فى البطاطس، ووصل إلى ٣٪ فى الذرة. كذلك أظهرت عديد من الدراسات أن الأغذية العضوية المصنعة تحتوى على مستويات أعلى من الدهون والسكر والملح، وجميعها ضارة بالصحة.

ولهذه الأسباب .. فإن سلطة مقاييس الدعاية بالملكة المتحدة UK Advertising Standards Authority أعلنت رفضها لأى إدعاءات بتفوق الأغذية العضوية (عن Pacanoski ٢٠٠٩).

وإن لمن المعروف أنه إلى جانب نواتج التمثيل الغذائى الأولية التى ترتبط بنمو وتطور النباتات فإن النباتات تُمثِّل عديدًا من المركبات الأخرى الثانوية secondary metabolites التى لا يُعرف لها دور أساسى فى العمليات الأيضية. ويعتقد أن هذه المركبات تلعب دورًا فى حماية النباتات لنفسها من الإصابات المرضية والحشرية، وفى تحملها للظروف البيئية القاسية، وجميعها أمور تزداد فرصة تعرض النباتات لها فى ظل الزراعة العضوية. وتقدر هذه المركبات بعشرات الآلاف، ومن المؤكد أنها تؤثر فى الإنسان سلبًا أو إيجابًا. وقد عرفت التأثيرات المفيدة لبعضها والتأثيرات الضارة لبعضها الآخر.

وقد وجد أن حوالى ٥٠٪ من مركبات الأيض الثانوية التى تم اختبارها أحدثت سرطانات متنوعة فى فئران التجارب. ويقدر العلماء أن أكثر من ٩٩٪ من المركبات الكيميائية المحدثة للسرطان — التى نتناولها فى طعامنا — هى مركبات طبيعية، أو تتكون عند طهى الطعام، وليست مخلقة صناعيًا (عن Chrispeels & Sadava ١٩٩٤ — صفحة ٣٤٥).

الهندسة الوراثية والزراعة العضوية

قام Verhoog (٢٠٠٧) بتحليل اعتراضات الزراعة العضوية على الهندسة الوراثية، كما عُرِضَت في بيان الموقف ٢٠٠٢ لحركات الاتحاد الدولي للزراعة العضوية International Federation of Organic Agriculture Movement. ويمكن تقسيم تلك الاعتراضات إلى ثلاث فئات، هي: الأخطار على صحة الإنسان والبيئة، والاعتراضات المجتمعية والأخلاقية، وعدم التوافق مع مبادئ الزراعة المتواصلة.

فمن حيث الأخطار على صحة الإنسان والبيئة يعتقد Verhoog أن العلماء — في هذا الشأن — يناقضون بعضهم بعضًا. أما الاعتراضات المجتمعية والأخلاقية، فإن المزارعين يجب أن يكونوا أحرارًا في الاختيار بين الهندسة الوراثية من عدمه؛ مما يعني ضرورة النص على خاصية حرية الاختيار. وتعتمد حُجة مخالفة استقلال المزراع في اتخاذ قراره على الوضع الاقتصادي الحالي (مثل قوة العالمية)، ولا يبدو أنها نتيجة للهندسة الوراثية بذاتها. ولكن نظرًا لأن الهندسة الوراثية تُطبق — عمليًا — بمؤسسات متعددة الجنسيات، فإن الحجة لا يمكن أن تكون بمعزل عن الحالة الاقتصادية. وما أن تُحدد الأسس الفلسفية والأخلاقية التي يقوم عليها مبدأ الاستدامة (الفئة الثالثة من الاعتراضات)، فإن جميع الاعتراضات التي وردت في بيان الموقف ٢٠٠٢ لحركات الاتحاد الدولي للزراعة العضوية يمكن إعادة صياغتها وتشكيلها بحيث تصبح أسبابًا جيدة لرفض الهندسة الوراثية. والأسباب الرئيسية لذلك الرفض هي: التعامل مع الطبيعة الحية بنوع من القداسة والاحترام، والتنظيم الذاتي للطبيعة الحية، وسلامة الكائنات الحية (Verhoog ٢٠٠٧).

ولكن .. إذا كان الأمر كذلك، فإنه يتعين رفض الهندسة الوراثية من الأساس، وليس في مجال الزراعة العضوية فقط، وذلك موضوع آخر أكبر وأوسع، يحظى باهتمام العامة وغير المتخصصين دون وعي منهم بحقائق الأمور. إن التمسك بالأمور العاطفية في المجالات العلمية يمكن أن يقود العالم إلى مجاعات مؤلمة، والهندسة الوراثية هي إحدى المجالات العلمية التي تحمي العالم — حاليًا — من تلك المجاعات. وعلى الرغم من أن

رفض الهندسة الوراثية فى الزراعة العضوية يتمشى مع الأسس التى تقوم عليها الزراعة العضوية، إلا أن ذلك الأمر – تحديدًا – يجعل الزراعة العضوية فى صدام مع مطلب تحقيق الأمن الغذائى العالمى؛ وبما يشكك كثيرًا فى صحة ومنطقية تلك الأسس. -

ملاحظات نهائية

إن الدعاية للزراعة العضوية تجد تعضيدًا سياسيًا قويًا، لكن الحقيقة هى أن الزراعة العضوية ليست اختيارًا مناسبًا فى الوقت الحالى، ذلك لأن أول ما يستتبع التحول إلى الزراعة العضوية عالميًا هو اقتلاع ما لا يقل عن ١٥ ميلون كيلومتر مربع من النموات الطبيعية – كالغابات – لتعويض النقص المتوقع فى متوسط محصول وحدة المساحة.

كذلك فإن الارتفاع المتوقع فى أسعار الخضر والفاكهة – التى يعد استهلاكها بكثرة أهم وسيلة للوقاية من الإصابات السرطانية – سيؤدى إلى انخفاض الطلب عليها، ومن ثم زيادة احتمالات الإصابات السرطانية. ولن يستفيد من توفر تلك المنتجات سوى الأغنياء، بينما سيكون الوضع كارثى بالنسبة للعالم النامى.

ولعل كثيرًا من الدول الفقيرة جدًا تمارس الزراعة العضوية حاليًا، ليس باختيارها، ولكن بسبب الفقر. وكما قال C. S. Prakash العالم الهندى فإن "الشئ الوحيد المستدام فى الزراعة العضوية فى العالم النامى أنها تؤدى إلى استدامة الفقر وسوء التغذية" (عن Pacanoski ٢٠٠٩). إن الاعتماد على الإنتاج العضوى فقط لا يمكن أن يسد حاجة الجنس البشرى للغذاء مقارنة بالإنتاج التقليدى، ويتبين ذلك من إحصائيات وموديلات منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة فيما يتعلق بالإنتاج العضوى (Africa News Network – الإنترنت – ١٢ ديسمبر ٢٠٠٧ – Organic agriculture no substitute for conventional farming: FAO).

مصادر الكتاب

توفيق، محمد فؤاد (١٩٩٣). المكافحة البيولوجية للآفات الحشرية. وزارة الزراعة واستصلاح الأراضي – جمهورية مصر العربية – ٧٢٢ صفحة.

حماد، شاكر محمد، وأحمد لطفي عبدالسلام (١٩٨٥). الحشرات الاقتصادية في مصر والعالم العربي. دار المريخ للنشر – الرياض – ٥٥٥ صفحة.

عبدالمعطي، توفيق حافظ، ويوسف علي حمدي، وسعيد عبدالمقصود محمد (٢٠٠٤). الزراعة العضوية بين النظرية والتطبيق. الناشر: سعيد عبدالمقصود – ٢٩ شارع يثرب – الدقي – الجيزة – مصر – ٤٦٢ صفحة.

Abd-Allah, E. F. 2001. *Streptomyces plicatus* as a model biocontrol agent. Folia Microbiologica 46(4): 309-314.

Abd El-Hafiz, M. 1999. Induction and isolation of more efficient yeast mutants for the control of powdery mildew on cucumber Ann. Agric. Sci. (Cairo) 44(1): 283-292.

Abd El-Hafez, A. E. and S. F. Sbehata. 2001. Field evaluation of yeasts as a biofertilizer for some vegetable crops. Arab Universities Journal of Agricultural Sciences 9(1): 169-182.

Abdel-Razek, A. S. 2010. Field evaluation of bacterial symbionts of entomopathogenic nematodes for suppression of hairy rose beetle, *Tropinota squalida* Scop. (Coleoptera: Scarabaeidae) population on cauliflower in Egypt. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43(1): 18-25.

Abeysinghe, S. 2009. Induced systemic resistance (ISR) in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) mediated by rhizobacteria against bean rust caused by *Uromyces appendiculatus* under greenhouse and field conditions. Archives of Phytopathology and Plant Protection 42(11): 1079-1087.

Anjaiah, V. 2004. Biological control mechanisms of fluorescent *Pseudomonas* species involved in control of root diseases of vegetables/fruits, pp. 453-500. In: K. G. Mukerji (ed.). Fruit and vegetable diseases. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Alvarez, M. A., S. Gagné and H. Antuon. 1995. Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth-

promoting rhizobacteria. Applied and Environmental Microbiology 61(1): 194-199.

Antignus, Y., S. Cohen, N. Mor., Y. Masika, and M. Lapidot. 1996. The effects of UV-blocking greenhouse covers on insects and insect-borne virus diseases. Plasticulture No. 112: 15-20.

Arshad, M. and W. T. Frankenberger, Jr. 1998. Plant growth-regulating substances in the rhizosphere: microbial production and functions. Adv. Agron. 62: 45-151.

Arul, J., J. Mercier, M. T. Charles, M. Baka, and R. Maharaj. 2001. Photochemical treatment for control of postharvest diseases in horticultural crops, pp. 146-161. In: C. Vincent, B. Panneton, and F. Fleurat-Lessard (eds). Physical control methods in plant protection. Springer-Verlag, Berlin.

Ashraf, M. S. and T. A. Khan. 2010. Integrated approach for the management of *Meloidogyne javanica* on eggplant using oil cakes and biocontrol agents. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43(6): 609-614.

Asirifi, K. N., W. C. Morgan, and D. G. Parbery. 1994. Suppression of Sclerotinia soft rot of lettuce with organic soil amendments. Aust. J. Exp. Agric. 34(1): 131-136.

Atiyeh, R. M., S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon, and J. D. Metzger. 2002. The Influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84(1): 7-14.

Azafirowska, A. and E. Elkner. 2008. Yielding and fruit quality of three sweet pepper cultivars from organic and conventional cultivation. Veg. Crops Res. Bul. (Warsaw) 69: 135-143.

Azcón-Aguilar, C., C. Alba, M. Montilla, and J. M. Barea. 1993. Isotopic (^{15}N) evidence of the use of less available N froms by VA mycorrhizas.Symbiosis (Rehovot) 15(1-2): 39-48. (c. a. Hort. Abstr. 1994, 64(6): 4438).

Babu, R. S. H., D. Lokeshwar, N. S. Rao, and B. R. B. Rao. 1988. The response of chili (*Capsicum annuum* L.) plants to early inoculation with mycorrhizal fungi at different levels of phosphorus. J. Hort. Sci. 63: 315-320.

Bachmann, J. and R. Earles. 2000. Postharvest handling of fruits and vegetables. ATTRA Pub. No. IP116. 19 p. The Internet.

Bae, Y. S., S. S. Jang, C. S. Park, and H. K. Kim. 1995. *In vitro* and greenhouse

evaluation of cucumber growth enhanced by rhizosphere microorganisms. Korean J. Plant Pathol. 11(4): 292-297.

Balestra, G. M., A. Hey dari, D. Ceccarelli, E. Ovidi, and A. Quattrucci. 2009. Antibacterial effect of *Allium sativum* and *Ficus carica* extracts on tomato bacterial pathogens. Grop Protection 28(10): 807-811.

Basham, Y. and L. E. de Bashan. 2002. Protection of tomato seedlings against infection by *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* by using the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. Applied and Environmental Microbiology 68(6): 2637-2643.

Beckett, R. P., A. D. M. Mathegka, and J. van Staden. 1994. Effect of seaweed concentrate on yield of nutrient-stressed tepary bean (*Phaseolus acutifolius* Gray). Journal of Applied Phycology 6(4): 429-430.

Bell, A. A., J. C. Hubbard, L. Lui, R. M. Davis, and K. V. Subbarao. 1998. Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of Fusarium yellows in celery. Plant Dis. 82: 322-328.

Benhamou, N., P. J. Lafontaine, and M. Nicole. 1994. Induction of systemic resistance to Fusarium crown and root rot in tomato plants by seed treatment with chitosan. Phytopthology 84(12): 1432-1444.

Bimová, P. and R. Pokluda. 2009. Impact of organic fertilizers on total antioxidant capacity in head cabbage. Hort. Sci. (Prague) 36(1): 21-25.

Black, K. G., D. T. Mitchell, and B. A. Osborne. 2000. Effect of mycorrhizal-enhanced leaf phosphate status on carbon partitioning, translocation and photosynthesis in cucumber. Plant, Cell and Environment 23(8): 797-809.

Blok, W. J., M. J. Zwankhuizen, and G. J. Bollen. 1997. Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *asparagi* by applying non-pathogenic isolates of *F. oxysporum*. Biocontrol Science and Technology 7(4): 527-541.

Blunden, G., T. Jenkins, and Y. W. Liu. 1996. Enhanced leaf chlorophyll levels in plants treated with seaweed extract. Journal of Applied Phycology 8(6): 535-543.

Bohme, M., A. Ouahid, and N. Shaban. 2000. Reaction of some vegetable crops to treatments with lactate as bioregulator and fertilizer. Acta Hort. No. 514: 33-40.

Bolland, M. D. A., R. J. Gilkes, and M. F D. Antuono. 2008. The effectiveness

on rock phosphate fertilizers in Australian agriculture: a review. Australian J. Exp. Agric. 28(5): 655-668.

Boyhan, G. E., D. Granberry, W. T. Kelley, and W. McLaurin. 1999. Growing vegetables organically. The University of Georgia College of Agriculture and Environmental Sciences. Cooperative Extension Service, Bull 1011. 15 p. The Internet.

Bosland, P. W. and E. J. Votava. 2000. Peppers: vegetable and spice capsicums. CABI Publishing, Wallingford, UK. 358 p.

Brust, G., D. S. Egel, and E. T. Maynard. 2003. Organic vegetable production. Purdue University, Cooperative Extension Service. The Internet. 20 p.

Bucks, D. A., F. S. Nakayama, and A. W. Warrick. 1982. Principles, practices and potentialities of trickle (drip) irrigation. Adv. Irrigation 1: 219-298.

Burkhead, K. D., D. A. Schisler, and P. J. Slininger. 1994. Pyrrolnitrin production by biological control agent *Pseudomonas cepacia* B37w in culture and in colonized wounds of potatoes. Applied and Environmental Microbiology 60(6): 2031-2039.

CAC, The Codex Alimentarius Commission and the FAO/WHO Food Standard Programme. 2001. Organically produced foods: Guidelines for the production, processing, labelling and marketing of organically produced foods. 65 p. The Internet.

Caccioni, D. R. L. and M. Guizzardi. 1994. Inhibition of germination and growth of fruit and vegetable postharvest pathogenic fungi by essential oil components. J. Essential Oil Res. 6(2): 173-179.

Callan, N. W., D. E. Mathre, J. B. Miller, and C. S. Vavrina. 1997. Biological seed treatments: factors involved in efficacy. HortScience 32(2): 179-183.

Campiglia, E., R. Mancinelli, E. Radicetti, and F. Caporali. 2010. Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Crop Protection 29(4): 354-363.

Cantrell, I. C. and R. G. Linderman. 2001. Preinoculation of lettuce and onion with VA mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. Plant and Soil 233(2): 269-281.

Castoria, R., L. Caputo, F. de Curtis, and V. de Cicco. 2003. Resistance of postharvest biocontrol yeasts to oxidative stresses: a possible new mechanism of action. Phytopathology 93: 564-572.

Chabot. R., H. Antoun. and M. P. Cescas. 1996. Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobacterium leguminosarum* biovar. *phaseoli*. Plant and Soil 184(2): 311-321.

Cheah, L. H., B. B. C. Page, and R. Shepherd. 1997. Chitosan coating for inhibition of *Sclerotinia* rot of carrots. New Zealand J. Crop Hort. Sci. 25(1): 89-92.

Chen, M. H. and E. B. Nelson. 2008. Seed-colonizing microbes from municipal biosolids compost suppress *Pythium ultimum* damping-off on different plant species. Phytopathology 98(9): 1012-1018.

Chiasson, H., C. Vincent, and D. de Oliveira. 1997. Effect of an insect vacuum device on strawberry pollinators. Acta Horticulture No. 437: 373-377.

Chibu, H. and H. Shibayama. 1999. Effects of chitosan application on shoot growth of several crop seedlings. Marine & Highland Bioscience Center Report 9: 15-20.

Chrispeels, M. J. and D. E. Sadava. 1994. Plants, genes, and agriculture. Jones and Bartlett Publishers, Boston. 478 p.

Cline, G. R., J. D. Sedlacek, S. L. Hillman, S. K. Parker, and A. F. Silvernail. 2008. Organic management of cucumber beetles in watermelon and muskmelon production. HortTechnology 18: 436-444.

Cohen, S. and V. Melamed-Madjar. 1978. Preventian by soil mulching of the spread of tomato yellow leaf curl virus transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in Israel. Bull. Ent. Res. Israel 68: 465-470.

Cook, R., A. Carter, P. Westgate, and R. Hazzard. 2003. Direct silk applications of corn oil and *Bacillus thuringiensis* as a barrier to corn earworm larvae in sweet corn. HortTechnology 13(3): 509-514.

Copeman, R. H., C. A. Martin, and J. C. Stutz. 1996. Tomato growth in response to salinity and mycorrhizal fungi from saline soils. HortScience 31(3): 341-344.

Costa, H. S., K. L. Robb, and C. A. Wilen. 2001. Increased persistence of *Beauveria bassiana* spore viability under high ultraviolet-blocking greenhouse plastic. HortScience 36(6): 1082-1084.

Coventry. E., R. Noble. A. Mead. F. R. Marin. J. A. Perez. and J. M. Whipps.

2006. *Allium* white rot suppression with composts and *Trichoderma viride* in relation to sclerotia viability. Phytopathology 96(9): 1009-1020.

Csizinsky, A. A., D. J. Schuster, and J. B. Kring. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(5): 778-784.

Daly, M. J. and D. P. C. Stewart. 1999. Influence of "effective microorganisms" (EM) on vegetable production and carbon mineralization – a preliminary investigation. Journal of Sustainable Agriculture 14(2/3): 15-25.

Dawar, S., S. Wahab, M. Tariq, and J. Zaki. 2010. Application of *Bacillus* species in the control of root rot diseases of crop plants. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43(4): 412-418.

Del Amor, F. M., A. Serrano-Martinez, I. Fortea, and E. Munez-Delicado. 2008. Differential effect of organic cultivation on the levels of phenolics, peroxidase and capsidiol in sweet peppers. J. Sci. Food Agric. 88(5): 770-777.

Delate, K., C. Cambardella, and A. Mckern. 2008. Effects of organic fertilization and cover crops on an organic pepper system. HortTechnology 18: 215-226.

De Silva, A., K. Patterson, and J. Mitchell. 1996. Endomycorrhizae and growth of 'Sweetheart' strawberry seedlings. HortScience 31(6): 951-954.

Daayf, F., A. Schmitt, and R. R. Bélanger. 1995. The effects of plant extracts of *Reynoutria sachalinensis* on powdery mildew development and leaf physiology of long English cucumber. Plant Disease 79(6): 577-580.

Daayf, F., M. Ongena, R. Boulanger, I. El-Hadrami, and R. R. Bélanger. 2000. Int uction of phenolic compounds in two cultivars of cucumber by treatment of healthy and powdery mildew-infected plant with extracts of *Reynoutriia sachalinensis*. J. Chem. Eco. 26(7): 1579-1593.

Da Rocha, A. B. and R. Hammerschmidt. 2005. History and perspectives on the use of disease resistance inducers in horticultural crops. HortTechnology 15(3): 518-529.

Davis, R. M., J. J. Hao, M. K. Romberg, J. J. Nunez, and R. F. Smith. 2007. Efficacy of germination stimulants of sclerotia of *Sclerotium cepivorum* for management of white rot of garlic. Plant Disease 91(2): 204-208.

De Cal, A., S. Pascual, R. Garcia-Lepe, and P. Melgarejo. 1997. Biological control of *Fusarium* wilt of tomato. Bulletin OILB/SROP 20(4): 63-70.

Di Bonito, R., E. R. Duke, and M. L. Elliott. 1995. Root colonization by *Glomus intaradix* (AM fungi) on horticultural species. Proc. Florida State Hort. Soc. 107: 217-220.

Dresboll, D. B., G. K. Bjorn, and K. Thorup-Kristensen. 2008. Yields and the extent and causes of damage in cauliflower, bulb onion, and carrot grown under organic or conventional regimes. J. Hort. Sci. Biotechnol. 83(6): 770-776.

Devay, J. E. 1991b. Use of soil solarization for control of fungal and bacterial plant pathogens including biocontrol. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

DeVay, J. E. 1991a. Historical review and principles of soil solarization. In: FAO Plant Production and Protection Paper 109. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

Dias, R. de C. S., B. Picó, J. Herraiz, A. Espinós, and F. Nuez. 2002. Modifying root structure of cultivated muskmelon to improve vine decline resistance. HortScience 37(7): 1092-1097.

Diaz, B. M., R. Biurrun, A. Moreno, M. Nebreda, and A. Fereres. 2006. Impact of ultraviolet-blocking plastic films on insect vectors of virus diseases infesting crisp lettuce. HortScience. 41(3): 711-716.

DiFonzo, C. D., D. W. Ragsdale, E. B. Radcliffe, N. C. Gudmestad, and G. A. Secor. 1996. Crop borders reduce potato virus Y incidence in seed potato. Ann. Appl. Biol. 129(2): 289-302.

Dik, A. J. and Y. Elad. 1999. Comparison of antagonists of *Botrytis cinerea* in greenhouse-grown cucumber and tomato under different climatic conditions. European Journal of Plant Pathology 105(2): 129-137.

Edmond, J. B., T. L. Senn, F. S. Andrews, and R. G. Halfacre. 1975. Fundamentals of horticulture (4th ed.). McGraw-Hill Book Co., N. Y. 569 p.

Edwards, C. A., N. Q. Arancon, M. Vasko-Bennett, A. Askar, G. Keeney, and B. Little. 2010. Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Rosso), and two spotted spider mite

(*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. Crop Protection 29(1): 80-93.

Elad, Y., J. Kohl, and N. J. Fokkema. 1994. Control of infection and sporulation of *Botrytis cinerea* on bean and tomato by saprophytic yeasts. Phytopathology 84(10): 1193-1200.

El-Wakil, N. E. and S. A. Saleh. 2009. Effects of neem and diatomaceous earth against *Myzus persicae* and associated predators in addition to indirect effects on artichoke growth and yield parameters. Archives of Phytopathogy and Plant Protection 42(12): 1132-1143.

Elwakil, M. A., O. A. Awadallah, I. M. El-Refai, M. A. Metwally and M. S. Mohammed. 2009. The use of bread yeast as a biocontrol agent for controlling seed-borne fungi of faba bean. Plant Pathology Journal 8(4): 133-143.

Enaml, Y. and Y. Nakamura. 1996. Influence of *Scheloribates azumaensis* (Acari: Oribatida) on *Rhizoctonia solani*, the cause of radish root rot. Pedobiologia 40(3): 251-254.

Ester, A. and R. Trul. 2000. Slug damage and control of field slug [*Deroceras reticulatum* (Müller)] by carvone in stored potatoes. Potato Research 43: 253-261.

Evans, K. A. 1993. Effects of the addition of chitin to soil on soil-borne pests and diseases. Crop Protection in Northern Britan 1993: 189-194. (c. a. Field Crops Abstr. 1994. 47: 1713).

Fallik, E. 2004. Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing). Postharvest Biology and Technology 32: 125-134.

Fallik, E., S. Grinberg, S. Alkalai, and S. Lurie. 1996. The effectiveness of postharvest hot water dipping on the control of grey and black moulds in sweet red pepper (*Capsicum annuum*). Plant Pathology 45(4): 644-649.

Faria, M. and S. P. Wraight. 2001. Biological control of *Bemisia tabaci* with fungi. Crop Protection 20(9): 767-778.

Feibert, E. B. G., C. C. Shock, and L. D. Saunders. 2003. Nonconventional additives leave onion yield and quality unchanged. HortScience 38(3): 381-386.

Feng, W. and X. Zheng. 2007. Essential oils to control *Alternaria alternata* in *vitro* and *in vivo*. Food Control 18(9): 1126-1130.

Fereres, A. 2000. Barrier crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne viruses. Virus Research 71(1/2): 221-231.

Ferguson, J. J. 2006. Definition of terms used in the National Organic Program. University of Florida, IFAS Extension. 11 p. The Internet.

Ferguson, J. J. 2006. General guidelines for organic crop production. University of Florida, IFAS Extension 11 p. The Internet.

Ferguson, I. B., S. Ben-Yehoshua, E. J. Mitcham. R. E. McDonald, and S. Lurie. 2000. Postharvest heat treatments: introduction and workshop summary. Postharvest Biology and Technology 21: 1-6.

Fitzpatrick, G. E., E. C. Worden, and W. A. Vendrame. 2005. Historical development of composting technology during the 20th century. HortTechnology 15(1): 48-51.

Flores, P., P. Hellin, A. Lacasa, A. López, and J. Fenoll. 2009. Pepper antioxidant composition as affected by organic low-input and soiless cultivation. J. Sci. Food Agric. 89: 2267-2274.

Flores, P., P. Hellin, A. Lacasa, A. López, and J. Fenoll. 2009. Pepper mineral composition and sensory attributes as affected by agricultural management. J. Sci. Food Agric. 89(14): 2364-2371.

Fouche, C. et al. 2000. Insect pest management for organic crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. No. 7251. 5 p.

Freeman, S., A. Zveibil, H. Vintal, and M. Maymon. 2002. Isolation of nonpathogenic mutants of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* for biological control of fusarium wilt in cucurbits. Phytopathology 92: 164-168.

Fuchs, J. G., Y. Moenne-Loccoz, and G., Défago. 1997. Nonpathogenic *Fusarium oxysoirum* strain Fo47 induces resistance to Fusarium wilt in tomato. Plant Dis. 81: 492-496.

Gamliel, A. and J. J. Stapleton. 1993. Effect of chicken compost or ammonium phospahate and solarization on pathogen control, rhizosphere microorganisms, and lettuce growth. Plant Dis. 77: 886-891.

Gaskell, M. and R. Smith. 2007. Nitrogen sources for organic vegetable crops. HortTechnology 17: 431-441.

Gaskell, M. et al. 2000. Organic vegetable production in California - science and practice. HortTechnology 10(4): 699-713.

Gaskell, M. et al. 2006. Soil fertility management for organic crops. University of California, Division of Agricultural and Natural Resources. Pub. No. 7249. 8 p.

Gaur, A. and A. Adholeya. 2000. Response of three vegetable crops to VAM fungal inoculation in nutrient deficient soils amended with organic matter. Symbiosis (Rehovot) 29(1): 19-31.

Giannakou, I. O., I. A. Anastasiadis, S. R. Gowen, and D. A. Prophetou-Athanasiadou. 2007. Effects of a non-chemical nematicide combined with soil solarization for the control of root-knot nematodes. Crop Protection 26: 1644-1654.

Ghoshen, H. Z., K. M. Hameed, M. A. Turk, and A. F. Al-Jamali. 1999. Olive (*Olea europea*) jift suppresses broomrape (*Orobanche* spp.) infection in faba bean (*Vicia faba*), pea (*Pisum sativum*), and tomato (*Lycopersicon esculentum*). Weed Technology 13(3): 457-460.

Golec, A. F. C., P. G. Perez, C. Lakre. 2007. Effective microorganisms: myth or reality?. Rev. Peru. Biol. 14(2): 315-319.

Gomiero, T., M. G. Paoletti, and D. Pimentel. 2008. Energy and environmental issues in organic and conventional agriculture. Critical Review in Plant Sciences 27(4): 239-254.

Grubinger, V. 2009. Ten steps toward organic weed control. University of Vermont Extension. The Internet.

Haberele, R. and E. Schlosser. 1993. Protective and curative effects of Telmion on *Sphaerotheca fuliginea* on cucumber. Mededelingen van de Faculteit Landbpuwwetenschappen. Universiteit Gent 58(3b): 1461-1467. c. a. Rev. Plant Path. 73(12): 8012; 1994.

Hall, J. A., D. Peirson, S. Ghosh, and B. R. Glick. 1996. Root elongation in various agronomic crops by the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Israel J. Plant Sci. 44(1): 37-42.

Hammerschmidt, R., J. P. Métraux, and L. C. Van Loon. 2001. Inducing resistance: a summary of papers presented at the first international symposium on induced restance to plant diseases, Corfu, May 2000. Europ. J. Plant Pathol. 107: 1-6

Hariprasad, P. and S. R. Niranjana. 2009. Isolation and characterization of

phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. Plant and Soil 316(1/2): 13-24.

Harman, G. E. 2000. Myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Disease 84(4): 377-393.

Harman, G. E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96(2): 190-194.

Harrier, L. A. and C. A. Watson. 2003. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable cropping systems. Adv. Agron. 20: 185-225.

Harris, P., J. H. Jarratt, F. Killebrew, J. D. Byrd, Jr., and R. Snyder. 2007. Organic vegetable IPM guide. Mississippi State University Extension Service. Publication 2036. 20 p. The Internet.

Harveson, R. M., J. A. Smith, and W. W. Stroup. 2005. Improving root health and yield of dry beans in the Nebraska Panhandle with a new technique for reducing soil compaction. Plant Dis. 89(3): 279-284.

Hass, B., D. M. Glen, P. Brain and L. A. Hughes. 1999. Targeting biocontrol with the slug-parasitic nematode *Phasmarhabditis hermaphrodita* in slug feeding areas: a model study. Biocontrol Science and Technology 9(4): 587-598.

Helbig, J. 2002. Ability of the antagonistic yeast *Cryptococcus albidus* to control *Botrytis cinerea* in strawberry. Biocontrol 47(1): 85-99.

Herman, M. A. B., B. A. Nault, and C. D. Smart. 2008. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on bell pepper production and green peach aphid infestations in New York. Crop Protection 27(6): 996-1002.

Hoitink, H. A. J., A. G. Stone, and D. Y. Han. 1997. Suppression of plant diseases by compsts. HortScience 32(2): 184-187.

Honda, N., M. Hirai, T. Ano, and M. Shoda. 1999. Control of tomato damping-off caused by *Rhizoctonia solani* by the heterotrophic nitrifier *Alcaligenes faecalis* and its product, hydroxylamine. Ann. Phytopathol. Soc. Jap. 65(2): 153-162.

Hovius, M. H. Y. and M. R. McDonald. 2002. Management of Allium white rot (*Sclerotium cepivorum*) in onions on organic soil with soil-applied diallyl disulfide and di-N-propyl disulfide. Canad. J. Plant Pathol. 24: 281-286.

Huang, H. C., R. S. Erickson, and T. F. Hsieh. 2007. Control of bacterial wilt of bean (*Curtobacterium flaccumfaciens* pv. *flaccumfaciens*) by seed treatment with *Rhizobium leguminosarum*. Crop Protection 26(7): 1055-1061.

Huang, Y., C. K. Xu, L. Ma, K. Q. Zhang, C. Q. Duan, and M. H. Mo. 2010. Characterisation of volatiles produced from *Bacillus megaterium* YFM3.25 and their nematicidal activity against *Meloidogyne incognita*. Europ. J. Plant Pathol. 126(3): 417-422.

Iglesias, R., A. Gutierrez, and F. Ferrández. 1994. The influence of chitin from lobster exoskeleton on seedling growth and mycorrhizal infection in tomato crop (*Lycopersicon esculentum* Mill). Cultivos Tropicales 15(2): 48-49.

Inbar, J., M. Abramsky, D. Cohen, and I. Chet. 1994. Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. Europ. J. Plant Pathol. 100(5): 337-346.

Isakeit, T. and G. Philley. 2007. Disease management. In: Vegetable handbook. <http://aggie-horticulture.tamu.edu/extension/ veghandbook/chapter7/ ch...>.

Islam, S. Z., M. Babadoost, and Y. Honda. 2002. Effect of red light treatment of seedlings of pepper, pumpkin, and tomato on the occurrence of phytophthora damping-off. HortScience 37(4): 678-681.

Jastefer, A. G., P. Farmer-Koppenol, and D. M. Sylvia. 1998. Tissue magnesium and calcium affect arbuscular mycorrhiza development and fungal reproduction. Mycorrhiza 7(5): 237-242.

Javed, N., S. R. Gowen, S. A. El-Hassan, M. Inam-ul-Haq, F. Shahina and B. Pembroke. 2008. Efficacy of neem (*Azadirachta indica*) formulations on biology of root-knot nematodes (*Meloidogyne javanica*) on tomato. Crop Protection 27(1): 36-43.

Jensen, M. H., M. Valenzuela, and D. D. Fangmeler. 1999. Using non-woven floating covers on summer squash for exclusion of whitefly-transmitted Gemini viruses. Plasticulture No. 118: 14-19.

Jetiyanon, K. and J. W. Kloepper. 2002. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. Biological Control 24(3): 285-291.

Johansen, A., I. Jakobsen, and E. S. Jensen. 1994. Hyphal N transport by a

vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus associated with cucumber grown at three nitrogen levels. Plant and Soil 160(1): 1-9.

Karthikeyan, A., A. Nagasathya, V. Shanthi, and E. Priya. 2008. Hypersaline cyanobacterium: a potential biofertilizer for *Vigna mungo* L. (black gram). American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 2(1): 87-91.

Katan, J. 1980. Solar pasteurization of soils for disease control: studies and prospects. Plant Dis. 64: 450-454.

Ke, D. and A. A. Kader. 1992. Potential of controlled atmospheres for postharvest insect disinfestations of fruits and vegetables. Postharvest News and Information 3(2): 31N-37N.

Khan, J., J. J. Ooka, S. A. Miller, L. V. Madden, and H. A. J. Hoitink. 2004. Systemic resistance induced by *Trichoderma hamatum* 382 in cucumber against Phytophthora crown rot and leaf blight. Plant Dis. 88(3): 280-286.

Khasa, P., V. Furlan, and J. A. Fortin. 1992. Response of some tropical plant species to endomycorrhizal fungi under field conditions. Tropical Agriculture 69(3): 279-283. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63: 6595).

Kilian, M. and G. Raupach. 1999. *Bacillus subtilis* as a plant growth promoter in vegetable production. Gemüse (München) 35(3): 160-163. Cited from Hort. Abstr. 69: 5839; 1999.

King, S. R., A.R. Davis, W. Liu, and A. Levi. 2008. Grafting for disease resistance. HortScience 43(6): 1670-1672.

Kohl, J. et al. 2010. Epidemiology of dark leaf spot caused by *Alternaria brassicicola* and *A. brassicae* in organic seed production of cauliflower. Plant Pathology 59(2): 358-367.

Koschier, E. H., K. A. Sedy, and J. Novak. 2002. Influence of Plant volatiles on feeding damage caused by the onion thrips *Thrips tabaci.* Crop Protection 21(5): 419-425.

Kraft, J. M. and W. Boge. 2001. Root characteristics in pea in relation to compaction and Fusarium root rot. Plant Dis. 85(9): 936-940.

Kuć, J. 2001. Concepts and direction of induced systemic resistance in plants and its application. Europ. J. Plant Pathol. 107: 7-12.

Lafontaine, P. J. and N. Benhamou. 1996. Chitosan treatment: an emerging strategy for enhancing resistance of greenhouse tomato plants to infection

by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. Biocontrol Science and Technology 6(1): 111-124.

Larentzaki, E., A. M. Shelton, and J. Plate. 2008. Effect of kaolin particle film on *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae), oviposition, feeding and development on onions: a lab and field case study. Crop Protection 27(3-5): 727-734.

Larkin, R. P. and D. R. Fravel. 1998. Biological control of wilt pathogens with fungal antagonists, pp. 125-129. In: P. Dugger and D. Richter. (eds.). 1998. Proceedings Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council, Memphis, USA.

Larkin, R. P. and D. R. Fravel. 1999. Mechanisms of action and dose-response relationships govering biological control of fusarium wilt of tomato by nonpathogenic *Fusarium* spp. Phytopathology 89: 1152-1161.

Legard, D. E., C. L. Xiao, J. C. Mertely, and C. K. Chaadler. 2000. Effects of plant spacing and cultivar on incidence of Botrytis fruit rot in annual Strawberry. Plant Dis. 84(5): 531-538.

Li, S. D. and R. H. Mei. 1991. Application of "Yield-increasing bacteria" to greenhouse crops. *In* B. Z. Lui (Ed.). "Proceedings of International Symposium on Applied Technology of Greenhouse"; pp. 289-292. Knowledge Pub. House, Beijing, China. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63; 7646).

Lievens, B., K. Vaes, J. Coosemans, and J. Ryckeboer. 2001. Systemic resistance induced in cucumber against Pythium root rot by source separated household waste and yard trimmings composts. Compost Science & Utilization 9(3): 221-229.

Lin, C. H., S. T. Hsu, K. C. Tzeng, and J. F. Wang. 2008. Application of a preliminary screen to select locally adapted resistant rootstock and soil amendment for integrated management of tomato bacterial wilt in Taiwan. Plant Dis. 92(6): 909-916.

Linderman, R. G. and E. A. Davis. 2004. Soil amendment with different peatmosses affects mycorrhizae of onion. HortTechnology 13(2): 285-289.

Liu, H. C., Z. J. Lin, Y. G. Tian, and A. M. Yu. 1995. Control of *Fusarium* in watermelon by grafting in successive seasons. (In Chinese). China Vegetables No. 1: 12-14. c. a. Rev. Plant Path. 76(8): 6534; 1997.

Liu, L., J. W. Kloepper, and S. Tuzun. 1995a. Induction of systemic resistance

in cucumber against Fusarium wilt by plant growth-promoting rhizobacteria. Phytopathology 85: 695-698.

Liu, L., J. W. Kloepper, and S. Tuzun. 1995b. Induction of systemic resistance in cucumber against bacterial angular leaf spot by plant growth-promoting rhizobacteria. Phytopathology 85: 843-847.

Lorenz, O. A. and K. B. Tyler. 1983. Plant tissue analysis of vegetable crops. *In* H. M. Reisenauer (Ed.) "Soil and Plant-Tissue Testing in California"; pp. 24-29. Div. Agric. Sci. Bull. 1879.

Lowery, D. T., M. B. Isman, and N. L. Brard. 1993. Laboratory and field evaluation of neem for the control of aphids (Homoptera: Aphididae). Journal of Economic Entomology 86(3): 864-870.

Lowery, D. T., K. C. Eastwell, and M. J. Smirle. 1997. Neem seed oil inhibits aphid transmission of potato virus Y to pepper. Annals of Applied Biology 130(2): 217-225.

Maletta, M., M. Henninger, and K. Holmstrom. 2006. Potato leafhopper control and plastic mulch culture in organic potato production. HortTechnology 16(2): 199-204.

Mari, M., M. Guizardi, M. Brunelli, and A. Folchi. 1996. Postharvest biological control of grey mould (*Botrytis cinerea* Pers.: Fr.) on fresh-market tomatoes with *Bacillus amyloliquefaciens*. Crop Protection 15(8): 699-705.

Markakis, E. A., S. E. Tjamos, I. Chatzipavlidis, P. P. Antoniou, E. J. Paplomatas. 2008. Evaluation of compost amendments for control of vascular diseases. J. Phytopathol. 156(10): 622-627..

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.

Martensson, A. and I. Rydberg. 1994. Variability among pea varieties for infection with arbuscular mycorrhizal fungi. Swedish J. Agric. Res. 24(1): 13-19.

Martin, W. R., Jr. 1997. Using entomopathogenic nematodes to control insects during stand establishement. HortScience 32(2): 196-198.

Martin, B., I. Varela, and C. Cabaleiro. 2004. Effect of various oils on survival of *Myzus persicoe* Sulzer and its transmission of cuumber mosaic virus on pepper. J. Hort. Sci. Biotechnol. 79(6): 855-859.

Mayak, S., T. Tirosh, and B. R. Glick. 2001. Stimulation of the growth of tomato, pepper and mung bean plants by the plant growth-promoting bacterium *Entrobacter cloacae*. Biological Agriculture & Horticulture 19(3): 261-274.

McArthur, D. A. J. and N. R. Knowles. 1992. Resistance responses of potato to vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi under varying abiotic phosphorus levels. Plant Physiology 100(1): 341-351.

McGrath, M. T. and N. Shishkoff. 2000. Control of cucurbit powdery mildew with JMS Stylet-Oil. Plant Dis. 84(9): 989-993.

McLaurin, W. J. and G. L. Wade. 1999. Composting and mulching. The University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences, Cooperative Extension Service. Circular 816.

McQuilken, M. P., J. M. Whipps, and J. M. Lynch. 1994. Effects of water extracts of a composted manure-straw mixture on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. World J. Microbiol. Biotechnol. 10(1): 20-26 (c. a. Rev. Plant Pathol. 1994, 73: 7127).

Mednyánszky, Z., A. S. Szabo, and J. Simon. 1994. Effect of synergolux treatment on vegetables during storage. Acta Hort. No. 368: 281-284.

Mekhemar, G. A. A. and A. A. Al-Kahal. 2002. Enhancement of growth, nodulation and yield of bean plants by soil inoculation with *Saccharomyces cerevisiae*. Bul. Fac. Agr., Cairo Univ. 53(3): 489-501.

M·kuria, T., P. Blaeser, U. Steiner, and H. W. Dechne. 1999. Bryophytes as a new source of antifungal substances in crop protection, pp. 483-490. In: H. Lyr, P. E. Russell, H. W. Dehne, and H. D. Sisler. (eds.). Modern fungicides and antifungal compounds II. Intercept Limited, Andover, UK.

Mena-Violante, H. G. and V. Olade-Portugal. 2005. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. Sci. Hort. 113(1): 103-106.

Mercier, J., M. Baka, B. Reddy, R. Corcuff, and J. Arul. 2001. Shortwave ultraviolet irradiation for control of decay caused by *Botrytis cinerea* in bell pepper: induced resistance and germicidal effects. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 126(1): 128-133.

Mikelsen, R. L. 2007. Managing potassium for organic crop production. HortTechnology 17: 455-460.

Millar, C. E., L. M. Turk, and H. D. Foth. 1965. (4th ed.). Fundamentals of soil science. John Wiley & Sons, Inc., N. Y. 491 p.

Miller, R. L. and L. E. Jackson. 1998. Survey of vesicular-arbuscular mycorrhizae in lettuce production in relation to management and soil factors. J. Agr Sci. 130(2): 173-182.

Miller, J. C., Jr., S. Rajapakse, and R. K. Garber. 1986. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in vegetable crops. HortScience 21: 974-984.

Mitchell, J., M. Gaskell, R. Smith, C. Fouche, and S. T. Koike. 2000. Soil management and soil quality for organic crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 7248. 5 p.

Mitchell, A. E., Y. J. Hong, E. Koh, D. M. Barrett, D. E. Bryant, R. F. Denison, and S. Kaffka. 2007. Ten-year comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of flavonoids in tomatoes. J. Agric. Food Chem. 55: 6154-6159.

Moller, M. and M. L. Smith. 1998. The significance of the mineral component of seaweed suspensions on lettuce (*Lactuca sativa* L.) seedling growth. J. Plant Physiol. 153(5/6): 658-663.

Molloy, C., L. H. Cheah, and J. P. Koolaard. 2004. Induced resistance against *Sclerotinia sclerotiorum* in carrots treated with enzymatically hydrolysed chitosan. Postharvest Biol. Technol. 32: 61-65.

Monfort, W. S., A. S. Csinos, J. Desaeger, K. Seebold, T. M. Webster, and J. C. Diaz-Perez. 2007. Evaluating *Brassica* species as an alternative control measure for root-knot nematode (*M. incognita*) in Georgia vegetable plasticulture. Crop Protection 26(9): 1359-1368.

Nadakavukaren, M. and D. McCracken. 1985. Botany: an introduction to plant biology. West Pub. Co., N. Y. 591 p.

Navi, S. S. and R. Bandyopadhyay. 2002. Biological control of fungal plant pathogens, pp. 354-365. In: J. M. Waller, J. M. Lenné, and S. J. Waller (eds.). Plant pathologist's pocketbook (3rd ed.). CABI Publishing, Wallingford, UK.

Neeta, S., U. Verma, and P. Awasthi. 2006. A combination of the yeast *Candida utilis* and chitosan controls fruit rot in tomato caused by *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler and *Geotrichum candidum* Link ex Pers. J. Hort. Sci. Biotechnol. 81(6): 1052-1056.

Nelson, P. V. 1985. (3rd ed.). Greenhouse operation and management. Reston Pub. Co., Inc., Reston, Virginia 598 p.

Nelson, N. O. and R. R. Janke. 2007. Phosphorus and management in organic production systems. HortTechnology 17: 442-454.

Neri, F., M. Mari, and S. Brigati. 2006. Control of *Penicillium expansum* by plant volatile compounds. Plant Pathology 55(1): 100-105.

Ngouajio, M. and M. E. McGiffen, Jr. 2002. Going organic changes weed population dynamics. HortTechnology 14(4): 590-596.

Norrie, J. and D. A. Hiltz. 1999. Seaweed extract research and applications in agriculture. Agro Food Industry Hi-Tech 10(2): 15-18.

O'Dell, C. 2003. Natural plant hormones are biostimulants helping plants develop higher plant antioxidant activity for multiple benefits. Virginia Vegetable, Small Fruit and Specialty Crops 2, Issue 6. (The Internet).

Ohio State University Extension. 2005. Ohio vegetable production guide 2005. Bulletin 672. 279 p.

Oka, Y., N. Shapira, and P. Fine. 2007. Control of root-knot nematodes in organic forming systems by organic amendments and soil solarization. Crop Protection 26(10): 1556-1565.

Okigbo, R. N., and F. E. O. Ikediugwu. 2000. Studies on biological control of postharvest rot in yams (*Discorea* spp.) using *Trichoderma viride*. J. Phytopathol. 148(6): 351-355.

Ondiaka, S., N. K. Maniania, G. H. N. Nyamasyo, and J. H. Nderitu. 2008. Virulence of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* to sweet potato weevil *Cylas puncticollis* and effects on fecundity and egg viability. Annals of Applied Biology 153(1): 41-48.

Ordonez-Santos, L. E. et al. 2009. Comparison of physiochemical, microscopic and sensory characteristics of ecologically and conventionally grown crops of two cultivars of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Sci. Food Agric. 89(5): 743-749.

Pacanoski, Z. 2009. The myth of organic agriculture. Plant Protection Science 45(2): 39-48.

Palti, J. 1981. Cultural practices and infectious crop diseases. Springer-Verlag. Berlin. 243 p.

Pasian, C. C. and R. K. Lindquist. 2006. Sticky traps: a useful tool for pest scounting programs. Ohio State University Fact Sheet. The Internet.

Paull, R. E. and N. J. Chen. 2000. Heat treatment and fruit ripening. Postharvest Biology and Technology 21: 21-37.

Pavlou, G. C., D. J. Vakalounakis, and E. K. Ligoxigakis. 2002. Control of root and stem rot of cucumber, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-cucumerinum*, by grafting onto resistant rootstocks. Plant Dis. 86(4): 379-382.

Payghami, E., S. Massiha, B. Ahary, M. Valizadeh, and A. Motallebi-2001. Enhancement of growth of onion (*Allium cepa* L.) by biological control agent *Trichoderma* spp. Acta Agronomica Hungarica 49(4): 393-395.

Peix, A., P.F. Mateos, C. Rodriguez-Barrueco, E. Martinez-Molina, and E. Velazquez. 2001. Growth promotion of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by a strain of *Burkholderia cepacia* under growth chamber conditions. Soil Biol. Biochem. 33(14): 1927-1935.

Pentangelo, A., A. Carboni, G. Grassi, I. Giordano, and A. Ragozzino. 1999. Use of agri-fabric tissue to protect processing tomato from CMV and TSWV. Acta Hort. No. 487: 171-178.

Pieterse, C. M. J., J. A. Van Pelt, S. C. M. van Wees, J. Ton, K. M. Léon-Kloosterziel, J. J. B. Keurentjes, B. W. M. Verhagen, M. Knoester, I. van der Sluis, P. A. H. M. Bakker, and L. C. Van Loon. 2001. Rhizobacteria-mediated induced systemic resistance: triggering, signaling and expression. European Journal of Plant Pathology 107: 51-61.

Piper, J. R. and D. M. Barrett. 2009. Effects of organic and conventional production systems on quality and nutritional parameters of processing tomatoes. J. Sci. Food Agric. 89(2): 177-194.

Plotto, A., D. D. Roberts, and R. G. Roberts. 2003. Evaluation of plant essential oils as natural postharvest disease control of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Acta Hort. No. 628: 737-745.

Porras, M., C. Barrau, and F. Romero. 2006. Effects of soil solarization and *Trichoderma* on strawberry production. Crop Protection 26(5): 782-787.

Porter, L. D., N. Dasgupta, and D. A. Johnson. 2005. Effects of tuber depth and soil moisture on infection of potato tubers in soil by *Phytophthora infestans*. Plant Dis. 89(2): 146-152.

Prithiviraj, B., U. P. Singh, K. P. Singh, and K. Plank-Schumacher. 1998. Field evaluation of ajoene, a constituent of garlic (*Allium sativum*) and neemazal, a product of neem (*Azadirachta indica*) for the control of powdery mildew (*Erysiphe pisi*) of pea (*Pisum sativum*). Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz 105(3): 274-278. c. a. Rev. Plant Pathol. 78(9): 6236; 1999.

Quarles, W. 2007. Least-toxic controls of plant diseases. Brooklyn Botanic Garden. 8 p. The Internet.

Qin, G.Z. and S. P. Tian. 2005. Enhancement of biocontrol activity of *Cryptococcus laurentii* by silicon and the possible mechanisms involved. Phytopathology 95: 69-75.

Raj, H. and I. J. Kapoor. 1997. Possible management of Fusarium wilt of tomato by soil amendments with composts. Indian Phytopathology 50(3): 387-395.

Ranganna, B., A. C. Kushalappa, and G. S. V. Raghavan. 1997. Ultraviolet irradiance to control dry rot and soft rot of potato in storage. Canad. J. Plant Pathol. 19(1): 30-35.

Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: a mini-review. HortTechnology 15(1): 52-57.

Raviv, M. and R. Reuveni. 1998. Fungal photomorphogensis: a basis for the control of foliar diseases using photoselective covering materials for greenhouses. HortScience 33(6): 925-929.

Reddy, M. V. B., P. Angers, F. Gastaigne, and J. Arul. 2000. Chitosan effects on blackmold rot and pathogenic factors produced by *Alternaria alternata* in postharvest tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125(6): 742-747.

Regnault-Roger, C. 1997. The potential of botanical essential oils for insect pest control. Integrated Pest Management Reviews 2(1): 25-34.

Reitz, S. R. and J. T. Trumble. 1996. Cytokinin-containing seaweed extract does not reduce damage by an insect herbivore. HortScience 31(1): 102-105.

Reitz, S. R., G. Maiorino, S. Olson, R. Sprenkel, A. Crescenzi, and M. T. Momol. 2008. Integrating plant essential oils and kaolin for the sustainable management of thrips and tomato spotted wilt on tomato. Plant Dis. 92(6): 878-886.

Reuveni, R. and M. Raviv. 1997. Control of downy mildew in greenhouse-grown cucumbers using blue photoselective polyethylene sheets. Plant Disease 81(9): 999-1004.

Reuveni, M. and R. Reuveni. 2000. Prior inoculation with non-pathogenic fungi induces systemic resistance to powdery mildew on cucumber plants. Europ. J. Plant Pathol. 106: 633-638.

Ristaino, J. B. and W. Thomas. 1997 Agriculture, methyl bromide, and the ozone hole – can we fill the gaps?. Plant Dis. 81(9): 964-977.

Rivard, C.L. and F. J. Louws. 2008. Grafting to manage soilborne diseases in heirloom tomato production. HortScience 43: 2104-2111.

Rosa, E. A. S. and P. M. F. Rodrigues. 1999. Towards a more sustainable agriculture system: the effect of glucosinolates on the control of soil-borne diseases. J. Hort. Sci. Biotechnol. 74(6): 667-674.

Rosendahl, C.N. and S. Rosendahl. 1991. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) on the response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to salt stress. Environmental and Experimental Botany 31(3): 313-318. (c. a. Hort. Abstr. 1993, 63: 9191).

Rott, A. S., D. J. Ponsonby. 2000. Improving the control of *Tetranychus urticae* on edible glasshouse crops using a specialist coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a generalist mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as biocontrol agents. Biocontrol Science and Technology 10(4): 487-498.

Ruiz-Lozano, J. M. and R. Azcón. 1996. Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in lettuce plants. Agriculture, Ecosystems, and Environment 60(2/3): 175-181.

Ruiz-Lozano, J. M., R. Azcón, and M. Gómez. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular-mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. Physiologia Plantarum 98(4): 767-772.

Russo, V. M. 2006. Biological amendment, fertilizer rate, and irrigation frequency for organic bell pepper transplant production. HortScience 41(6): 1402-1407.

Russo, V. M. and M. Taylor. 2006. Soil amendments in transition to organic vegetable production with comparison to conventional methods: yields and economics. HortScience 44(7): 1576-1583.

Sadif-Zouaoui, N., et al. 2008. Ability of moderately halophilic bacteria to control grey mould disease on tomato fruits. J. Phytopathol. 156(1): 42-52.

Saindon, G.,H. C. Huang, and G. C. Kozub. 1995. White-mold avoidance and agronomic attributes of upright common beans grown at multiple planting densities in narrow rows. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 120(5): 843-847.

Salandanan, K. et. al. 2009. Comparative analysis of antioxidant properties and fruit quality attributes of organically and conventionally grown melons (*Cucumis melo* L.). HortScience 44: 1825-1832.

Sánchez, A. S., M. Juárez, J. Sánchez-Andreu, J. Jordá, and D. Bermúdez. 2005. Use of humic substances and amino acids to enhance ion availability for tomato plants from applications of the chelate FeEDDHA. J. Plant Nutrition 28(11): 1877-1886.

Sangakkara, U. R. and B. Marambe. 1999. Influence of method of application of effective microorganism on growth and yields of selected crops, pp. 73-78. In: Y. D. A. Senanayake and U. R. Sangakkara (eds.). Fifth International Conference on Kyusei Nature Farming. Faculty of Agriculture, University of Peradeniya, Peradeniya, Sri Lanka. Cited from Hort. Abstr. 70: Abstr. 6866; 2000.

Schirra, M., G. D'hallewin, S. Ben-Yehoshua, and E. Fallik. 2000. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. Postharvest Biology and Technology 21: 71-85.

Schisler, D. A., C. P. Kurtzman, R. J. Bothast, and P. J. Slininger. 1995. Evaluation of yeasts for biological control of fusarium dry rot of potatoes. Amer. Potato. J. 72(6): 339-353.

Schisler, D. A., P. J. Slininger, G. Kleinkopf, R. J. Bothast, and R. C. Ostrowski. 2000. Biological control of Fusarium dry rot of potato tubers under commercial storage conditions. Amer. J. Potato Res. 77(1): 29-40.

Schisler, D. A., P. J. Slininger, R. W. Behle, and M. A. Jackson. 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant diseases. Phytopathology 94: 1267-1271.

Schuerell, S. J. and W. F. Mahaffee. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. Phytopathology 94: 1156-1163.

Schwankl, L. J. and G. McGourty. 1992. Organic fertilizers can be through low-volume irrigation systems. Calif. Agric. 46(5): 21-23.

Sclar, D. C., D. Gerace, A. Tupy, K. Wilson, S. A. Spriggs, R. J. Bishop, and W. A. Cranshaw. 1999. Effects of application of various reduced-risk pesticides to tomato, with notes on control of greenhouse whitefly. HortTechnology 9(2): 185-189.

Sekar, K. R. and N. Karmegam. 2010. Earthworm casts as an alternative carrier material for biofertilizers: assessment of endurance and viability of *Azotobacter chrococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. Scientia Horticulturae 124(2): 286-289.

Sewify, G. H., S. Abol-Ela, and M. S. Eldin. 2000. Effect of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) and granulosis virus (GV) combinations on the potato tuber moth *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Celechidae). Bul. Fac. Agric., Cairo Univ. 51: 95-106.

Sharma, M. P., A. Gaur, Tanu, and O. P. Sharma. 2004. Prospects of arbuscular mycorrhiza in sustainable management of root- and soil-borne diseases of vegetable crops, pp. 501-539. In: K. G. Mukerji (ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Shimada, T. 1994. Control of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius), using vinyl films that absorb ultra-violet. (In Japanese with English summary). Proceedings of the Kanto-Tosan Plant Protection Society No. 41: 213-216. (c. a. Hort. Abstr. 66: 1456; 1996).

Siddiqui, Y., S. Meon, R. Ismail, M. Rahmani, and A. Ali. 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* [(L.) Moench]). Scientia Horticulture 117(1): 9-14.

Siddiqui, Z. A., A. Qureshi, and M. S. Akhtar. 2009. Biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Pseudomonas* and *Bacillus* isolates on *Pisum sativum*. Archives of Phytopathology and Plant Protection 42(12): 1154-1164.

Silva-Aguayo, G. and R. E. Cancelado. 2006. Botanical insecticides. In: Radcliffe's IPM world textbook, University of Minnesota. The Internet.

Singh, H. B. and A. K. Handique. 1997. Antifungal Activity of the essential oil of *Hyptis suaveolens* and its efficacy in biocontrol measures in combination

with *Trichoderma harzianum*. Journal of Essential Oil Research 9(6): 683-687.

Singh, P. and Z. A. Siddiqui. 2010. Biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by the isolates of *Bacillus* on tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection 43(6): 552-561.

Slezack, S., E. Dumas-Gaudot, M. Paynot, and S. Gianinazzi. Is a fully established arbuscular mycorrhizal symbiosis required for bioprotection of *Pisum sativum* roots against *Aphanomuces euteiches* ?. Molecular Plant-Microbe Interactions 13(2): 238-241.

Smid, E. J., L. Hendriks, H. A. M. Boerrigter, and L. G. M. Gorris. 1999. Surface disinfection of tomatoes using the natural plant compound trans-cinnamaldehyde. Postharvest Biology and Technology 9(3): 343-350.

Smith, K. M. 1977. Plant viruses. (6th ed.). Chapman and Hall, London, 241 p.

Smith, R. et al. 2000. Weed management for organic crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Pub. No. 7250. 5 p.

Smolinska, U., M. J. Morra, G. R. Knudsen, and R. L. James. 2003. Isothiocyanates produced by Brassicaceae species as inhibitors of *Fusarium oxysporum*. Plant Dis. 87(4): 407-412.

Sneh, B. and M. Ichielevich-Auster. 1998. Induced resistance of cucumber seedlings caused by some non-pathogenic *Rhizoctonia* (np-R) isolates. Phytoparasitica 26(1): 27-38.

Song, S., P. Lehne, J. Le, T. Ge, and D. Huang. 2010. Yield, fruit quality and nitrogen uptake of organically and conventionally grown muskmelon with different inputs of nitrogen, phosphorus, and potassium. J. Plant Nutr. 33(1): 130-141.

Sterk, G., K. Bolckmans, and J. Eyal. 1996. A new microbial insecticide, *Paecilomyces fumosoroseus* strain Apoka 97, for the control of the greenhouse whitefly, pp. 461-466. In: Brighton Gop Protection Conference: Pests & Diseases. Vol. 2. British Crop Protection Council, Farnham, UK.

Stevems. C. et al. 1999. Induced resistance of sweet potato to fusarium root rot by UV-C rays. Crop Protection 18(7): 463-470.

Stockdale, E. A. et al. 2001. Agronomic and environmental implications of organic farming systems. Advances in Agronomy 70: 261-327.

Stone, A. G., G. E. Vallad, L. R. Cooperband, D. Rotenberg, H. M. Darby, R. V. James, W. R. Stevenson, and R. M. Goodman. 2003. Effect of organic amendments on soilborne and foliar diseases in field-grown snap bean and cucumber. Plant Dis. 87(9): 1037-1042.

Suarez-Estrella, F., C. Vargas-Garcia, M. J. Lopez, C. Capel, and J. Moreno. 2007. Antagonistic activity of bacteria and fungi from horticultural compost against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. Crop Protection 26(1): 46-53.

Subbarao, K. V. and J. C. Hubbard. 1996. Interactive effects of broccoli residue and temperature on *Verticillium dahliae* microsclerotia in soil and on wilt in cauliflower. Phytopathology 86(12): 1303-1310.

Sultana, V., J. Ara, and S. Ehteshamul-Haque. 2008. Suppression of root rotting fungi and root knot nematode of chili by seaweed and *Pseudomonas aeruginosa*. J. Phytopathol. 156(7-8): 390-395.

Sundaresan, P., N. U. Raja, and P. Gunasekaran. 1993. Induction and accumulation of phytoalexins in cowpea roots infected with a mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum* and their resistance to fusarium wilt disease. Journal of Biosciences. 18(2): 291-301. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1995, 74; 1490).

Suslow, T. 2000. Postharvest handling for organic crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Pub. 7254. 8 p.

Talavera-Bianchi, M., E. Chambers, E. E. Carey, and D. H. Chambers. 2010. Effect of organic production and fertilizer variables on the sensory properties of pac choi (*Brassica rapa* var. Mei. Qing Choi) and tomato (*Solanum lycopersicum* var. Bush Celebrity). J. Sci. Food Agric. 90(6): 981-988.

Thompson, H. C. and W. C. Kelly. 1957. Vegetable crops. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 611 p.

Tobar, R. M., R. Azcón, and J. M. Barea. 1994. The improvement of plant N acquisition from an ammonium-treated, drought-stressed soil by the fungal symbiont in arbuscular mycorrhizae. Mycorrhiza 4(3): 105-108. (c. a. Hort. Abst: 1994, 64: 6999).

Toike, S. T. et al., 2000. Plant disease management for organic crops. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Pub. No. 7252. 6 p.

Tourte, L., R. L. Bugg, and C. Shennan. 2000. Foliar-applied seaweed and fish powder do not improve yield and fruit quality of organically grown processing tomatoes. Biological Agriculture & Horticulture 18(1): 15-27.

Treadwell, D. D. 2006. Organic vegetable production. University of Florida, IFAS Extension. 27 p. The Internet.

Trionfetti Nisini, P., A. Buzi, E. Granati, G. Chilosi, P. Crino, and P. Magro. 2000. Screening for resistance to *Didymella bryoniae* in rootstocls of melon. Bulletin OEPP 30(2): 231-234.

Tripathi, P. and N. K. Dubey. 2004. Exploitation of natural products as an alternative strategy to control postharvest fungal rotting of fruit and vegetables. Postharvest Biology and Technology 32: 235-245.

Tsror, L. 1999. Biological control of early blight in tomatoes. Acta Hort. No. 487: 271-273.

UKROFS, UK Register of Organic Food Standards. 2003. UKROFS Organic. Reference OB4. 109 p. The Internet.

Umamaheswari, C., A. Sankaralingam, and P. Nallathambi. 2009. Induced systemic resistance in watermelon by biocontrol agents againset *Alternaria alternata*. Archives of Phytopathology and Plant Protection 42(12): 1187-1195.

Van Bueren, E. T. L., H. Verhoog, M. Tiemens-Hulscher, P. C. Struik, and M. A. Haring. 2007. Organic agriculture requires process rather than product evaluation of novel breeding techniques. NJAS Wageningen Journal of Life Sciences 54(4): 401-402.

Vandekinderen, I., J. van Camp, B. de Meulenaer, K. Vermme, Q. Denon, P. Ragaert, and F. Devlieghere. 2007. The effect of the decontamination process on the microbial and nutritional quality of fresh-cut vegetables. Acta Hort. 746: 173-180.

Van de Veire, M. and D. Degheele. 1996. Toxicity of the fungal pathogen *Paecilomyces fumosoroseus* strain Apopka 97 to the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and the parasitoid *Encarsia formosa*, and first results of a control experiment in glasshouse tomatoes OILB/SROP 19(1): 191-194.

Van Driesche, R. G., S. Lyon, and C. Nunn. 2006. Compatibility of spinosad with predacious mites (Acari: Phytoseiidae) used to control western flower

thrips (Thysanoptera: Thripidae) in grrenhouse crops. Florida Entomologist 89(3): 396-401.

Van Loon, L. C., P. A. H. M. Bakker, and C. M. J. Pieterse. 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. Ann. Rev. Phytopathol. 36: 453-483.

Vavrina, C. S., P. D. Roberts, N. Kokalis-Burelle, and E. O. Ontermaa. 2004. Greenhouse screening of commercial products marketed as systemic resistance and plant growth promotion inducers. HortScience 39(2): 433-437.

Verhoog, H. 2007. Organic agriculture versus genetic engineering. NJAS Wageningen Journal of Life Sciences 54(4): 387-400.

Verlinden, G. et al. 2009. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake. J. Plant Nutrition 32(9): 1407-1426.

Verma, A. and R. B. Singh. 1994. *Clerodendrum aculeatum* _ a possible prophylactic agent against natural viral infection in mungbean. Ann. Plant Prot. Sci. 2(2): 60-63.

Verma, H. N., S. Srivastava, Varsha, and D. Kumar. 1996. Induction of system resistance in plants against viruses by a basic protein from *Clerodendrum aculeatum* leaves. Phytopathology 86(5): 485-492.

Vieira, R. F., T. J. P. Junior, H. Teixeira, and J. E. de S. Carneiro. 2010. White mold management in common bean by increasing within-row distance between plants. Plant Disease 94(3): 361-367.

Waliwitiya, R., M. B. Isman, R. S. Vernon, and A. Riseman. 2005. Insecticidal activity of selected monoterpenoids and rosemary oil to *Agriotes obscurus* (Coleoptra: Elateridae). J. Economic Entomol. 98(5): 1560-1565.

Warman, P. R. and K. A. Havard. 1997. Yield, vitamin and mineral contents of organically and conventionally grown carrots and cabbage. Agriculture, Ecosystems & Environment 61(2/3): 155-162.

Warman, P. R. and T. R. Munro-Warman. 1993. Do seaweed extracts improve vegetable production?, pp. 403-407. In: M. A. C. Fragoso and M. L. van Beusichem (eds.). Optimization of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands.

Webb, S. E. and S. B. Linda. 1992. Evaluation of spunbonded polyethylene row covers as a method of excluding insects and viruses affecting fall-grown squash in Florida. Journal of Economic Entomology 85: 2344-2352.

Weintraub, P. G. and A. R. Horowitz. 1999. Management of the whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) on melon by vacuum removal. Insect Science and its Application 19(2/3): 173-178.

Weintraub, P. G., Y. Arazi, A. R. Horowitz, P. G. Weintraub, Y. Arazi, and A. R. Horowitz. 1996. Management of insect pests in celery and potato crops by pneumatic removal. Crop Protection 15(8): 763-769.

Weinzierl, R., T. Henn, P. G. Koehler, and C. L. Tucker. 2006. Insect attractants and traps. University of Florida, IFAS Extension. The Internet.

Weinzierl, R., T. Henn, P. G. Koehler, and C. L. Tucker. 2006. Microbial insecticides. IFAS Extension, University of Florida. The Internet.

West, J. S., S. Pearson, P. Hadley, A. E. Wheldon, F. J. Davis, A. Gilbert, and R. G. C. Henbest. 2000. Spectral filters for the control of *Botrytis cinerea*. Annals of Applied Biology 136(2): 115-120.

Whipps, J. M. 1997. Developments in the biological control of soil-borne plant pathogens. Adv. Bot. Res. 26: 1-134.

White, R. E. 1987. Introduction to the principles and practice of soil science. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 244 p.

Wilson, M. J., D. M. Glen, S. K. George, and L. A. Hughes. 1995. Biocontrol of slug in protected lettuce using the rhabditid nematode *Plasmarhabditis hermaphrodita*. Biocontrol Science and Technology 5(2): 233-242.

Wilson, M. J., L. A. Hughes, G. M. Hamacher, L. D. Barahona, and D. M. Glen. 1996. Effects of soil incorporation on the efficacy of the rhabditid nematode, *Phasmarhabditis hermaphrodita*, as a biological control agent for slugs. Annals of Applied Biology 128(1): 117-126.

Wilson, C. L., J. M. Solar, A. El-Ghaouth, and M. E. Wisniewski. 1997. Rapid evaluation of plant extracts and essential oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. Plant Dis. 81(2): 204-210.

Worthington, V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables and grains. The Journal of Alternative and Complementary Medicine 7(2): 161-173.

Wraight, S. P., R. I. Carruthers, S. T. Jaronski, C. A. Bradley, C. J. Garza, and S. Galaini-Wraight. 2000. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Paecilomyces fumosoroseus* for microbial control of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. Biological Control 17(3): 203-217.

Wszelaki, A. L. et al. 2005. Sensory quality and mineral and glycoalkaloid concentrations in organically and conventionally grown redskin potatoes (*Solanum tuberosum*). J. Sci. Food Agric. 85: 720-726.

Wurms, K., C. Labbé, N. Benhamou, and R. R. Bélanger. 1999. Effects of Milsana and benzothiadiazole on the ultrastructure of powdery mildew haustoria on cucumber. Phytopathology 89: 728-736.

Xu, H. L., R. Wang, and M. A. U. Maridha. 2000. Effects of organic fertilizers and a microbial inoculant on leaf photosynthesis and fruit yield and quality of tomato plants. J. Crop Prod. 3(1): 173-182.

Yemtsev, V. T. 1994. Associative symbiosis of soil diazotrophic bacteria and vegetable crops. Eurasian Soil Science 26(9): 42-57.

Yogev, A. et al. 2009. Suppression of bacterial canker of tomato by composts. Crop Protection 28: 97-103.

Zahir, Z. A., M. Arshad, and W. T. Frankenberger, Jr. 2004. Pant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Adv. Agron. 81: 97-168.

Zhang, D. and P. C. Quantick. 1998. Antifungal effects of chitosan coatings on fresh strawberries and raspberries during storage. J. Hort. Sci. Biotechnol. 73(6): 763-767.

Zhang, Z. Y., G. H. Dai, Y. Y. Zhuge, and Y. B. Li. 2007. Protective effect of *Robinia pseudoacacia* Linn 1 extracts against cucumber powdery mildew fungus, *Sphaerotheca fuliginea*. Crop Protection 27(6): 920-925.

Zhang, Z., D. J. Huber, B. M. Hurr, and J. Rao. 2009. Delay of tomato fruit ripening in response to 1-methylcyclopropene is influenced by internal ethylene levels. Postharvest Biol. Technol. 54(1): 1-8.

Zhao, X., E. E. Carey, W. Wang, and C. B. Rajashekar. 2006. Does organic production enhance phytochemical content of fruit and vegetables?: Current knowledge and prospects for research. HortTechnology 16(3): 449-456.

Zhao, Y., K. Tu, X. F. Shao, W. Jing, J. L. Yang, and Z. P. Su. 2008. Biological control of the post-harvest pathogens *Alternaria solani*, *Rhizopus stolonifer*, and *Botrytis cinerea* on tomato fruit by *Pichia guilliermondii*. J. Hort. Sci. & Biotechnol. 83(1): 132-136.

Zhao, Y., K. Tu, X. Shao, W. Jing and Z. Su. 2008. Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 49(1): 113-120.

Zheng, X. L., S. P. Tian, M. J. Gidley, H. Yue, B. Q. Li, Y. Xu, and Z. W. Zhou. 2007. Slowing the deterioration of mango fruit during cold storage by pre-storage application of oxalic acid. The J. Hort. Sci. Biotechnol. 82(5): 707-714.

Zinati, G. M. 2002. Transition from conventional to organic farming systems: I. Challenges, recommendations, and guidelines for pest management. HortTechnology 14(4): 606-610.

Zinati, G. M. 2005. Compost in the 20th century: a tool to control plant diseases in nursery and vegetable crops. HortTechnology 15(1): 61-66.

Ziv. O., C. Shifris, S. Grinberg, E. Fallik, and A. Sadeh. 1994. Control of *Leveillula taurica* mildew (*Oidiopsis taurica*) on pepper plants (In Arabic with English summary). Hassadeh 74(5): 526-532. (c. a. Rev. Plant Pathol. 1994, 74: 5782).